

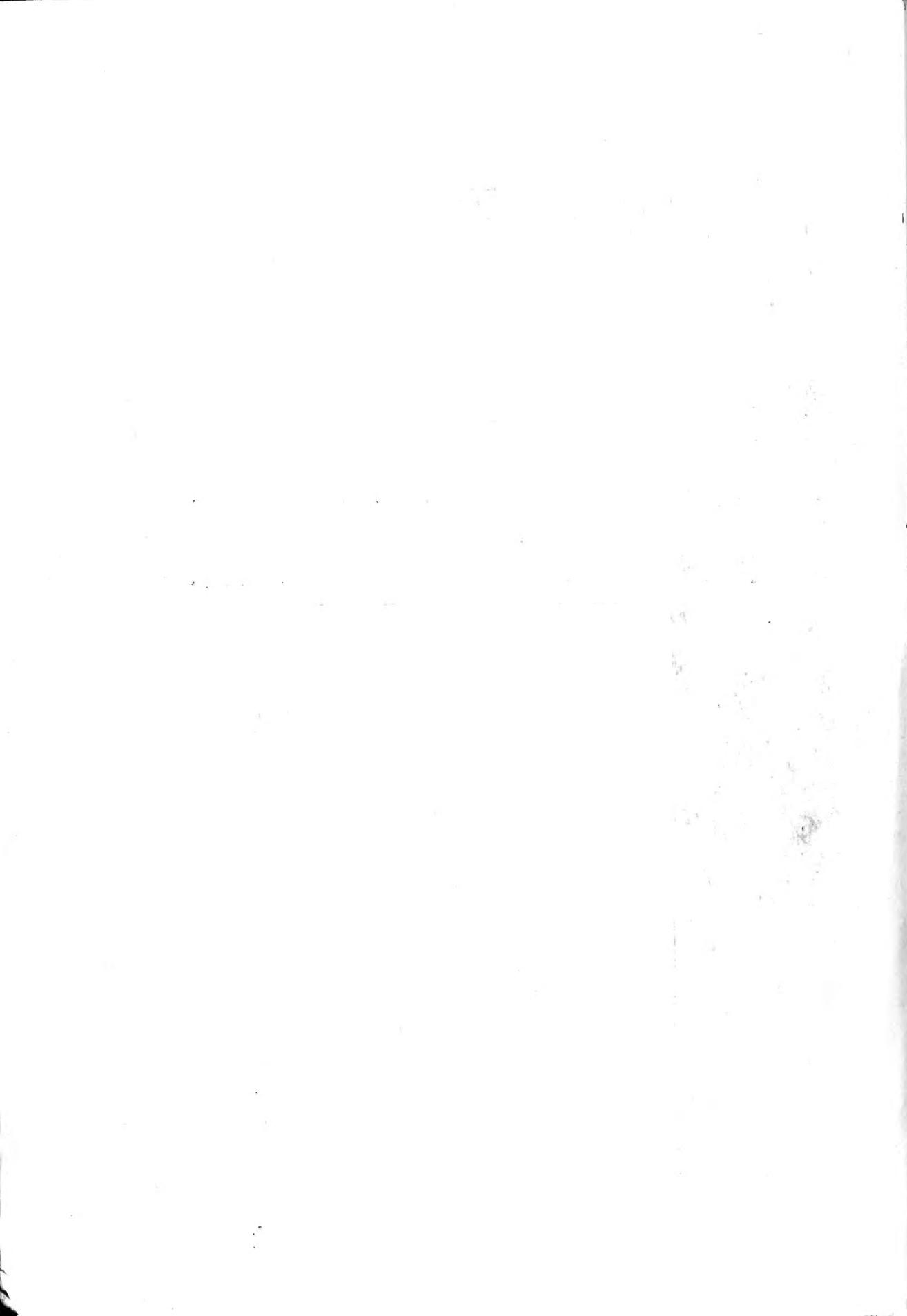
化学生态学

1

1991年学术讨论会论文集

中国生态学会化学生态专业委员会编

上海科学技术文献出版社



化学生态学
(1)
1991年学术讨论会论文集

中国生态学会化学生态专业委员会编



上海科学技术文献出版社

26119

中科院植物所图书馆



S0015483

(沪)新登字301号

化学生态学

(1)

1991年学术讨论会论文集

中国生态学会化学生态专业委员会编

上海科学技术文献出版社出版发行
(上海市武康路2号)

上海市印刷三厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 9.25 字数 230,000

1993年1月第1版 1993年1月第1次印刷

印数: 1—1,000

ISBN 7-5439-0193-5/O·79

定 价: 6.00 元

化学生态专业委员会

主任委员：陈元光

副主任委员：杜家纬 孟宪佐

秘书 长：石奇光

委员：(按姓氏笔画为序)

孔令韶 华湘翰 吴才宏 李正名 林国强 赵成华 黄远达 黄新培
滕有为

主 動 是
是 動 主
主 動 是
是 動 主

中国生态学会化学生态专业委员会

第一次学术讨论会纪要

(代序)

1959年 Butenandt 鉴定了第一个昆虫信息物质的分子结构，之后经 20 余年生物学家和化学家的协力研究，化学生态学的概念逐渐完整，1984年 Bell 主编的“化学生态学”一书，从理论上奠定了生态学的一个新兴学科分支——“化学生态学”。发展至今化学生态学已成为一门与多种学科交叉渗透，研究对象遍及整个生物界的科学。我国由于国家对新兴学科的重视和支持，早于 60 年代后期即开始昆虫性信息的研究，70 年代前期已着手应用基础研究，到 80 年代后期研究对象已涉及各种生物类群，并不乏应用成功的例子。在此期间曾多次召开有关信息物质的学术讨论会，参与研究的单位和科技人员不断增多。老前辈科学家们为开拓我国化学生态学也作出了卓越的贡献，尤其是北京大学陈德明教授、中国科学院上海昆虫研究所杨平澜教授、中国科学院上海有机化学研究所周维善教授、中国科学院动物研究所刘孟英教授和中国科学院上海植物生理研究所余叔文教授。这些都为化学生态专业委员会的诞生打下了基础，于 1990 年 12 月在马世骏教授的亲切关怀下，正式成立了中国生态学会化学生态专业委员会，并委托中国科学院上海昆虫研究所主持日常工作。本次学术讨论会是化学生态专业委员会 1991 年学术活动计划的内容，亦正值上海市科技节，受到上海市领导的重视和关怀。

受中国生态学会化学生态专业委员会委托，中国科学院上海昆虫所负责主办此次学术讨论会，并请中国科学院上海有机化学所协办。讨论会共收到论文 47 篇，大部分已收入本论文集。此次学术讨论会与历次有关学术讨论会相比，论文的题材更为广泛，研究对象也不局限于动物。研究内容不仅涉及昆虫学、动物学、植物学、微生物学、生态学和农学等学科，而且与有机化学、生物化学、数学、电生理学、行为学、仿生学和信息论等学科交叉，并已深入到分子生物学水平。充分体现了化学生态学是一门多种学科交叉渗透的新兴边缘学科，而且正处于蓬勃发展的阶段。与会代表共 52 人，来自五湖四海遍及祖国各地，包括新疆、青海、内蒙、四川、吉林、湖北、江苏、浙江、广东、北京、天津和上海等 16 个省市的科研单位、大专院校和各有关部门。会议代表大部分为中青年科技人员，其中青年代表占三分之一，使讨论会显得朝气蓬勃后继有人。与会代表一致认为，有老一辈科学家的指导和关怀，中年一代的承上启下，和年青一代的朝气活力，化学生态学将会更加蓬勃发展，在不久的将来会有新的突破，为我国科学事业和国民经济作出新的贡献。学术讨论会分大会论文报告和专题组研讨，大会共报告了 32 篇论文，昆虫化学生态和植物化学生态专题组，分别进行专题研讨。会议气氛可概括为：

学术空气浓厚，见解精辟新颖。

会议有始有终，效果令人满意。

会议期间代表们踊跃提出建议：

1. 化学生态专业委员会逐步增补委员，适当增添从事植物化学生态学研究的委员。

2. 按原计划于1992年分别举办一次昆虫信息化学物质和植物信息化学物质专题学术讨论会。

本次学术讨论会受到中国生态学会、中国科学院上海昆虫所、中国科学院上海有机所、南开大学元素所、江苏激素研究所、中国科学院成都有机所、中国科学院动物所、中国科学院植物所等多方赞助，使学术讨论会得以如期于10月15日召开，于10月17日圆满结束。此外，中国科学院上海昆虫研究所资助本论文集的出版费用，上海科学技术文献出版社为论文集的出版做了大量工作。同时，会议的成功与积极参加这次学术活动的代表们通力合作是分不开的。谨代表中国生态学会化学生态专业委员会，表示深切感谢。

化学生态专业委员会 主任 陈元光

目 录

棉花红铃虫性信息素预报模型的研究..... 谢佳龙 陈元光 张 力 唐祥冠 (1)
棉铃虫和烟青虫雄性信息素的初步研究..... 黄勇平 许少甫 杜家纬 (5)
棉褐带卷叶蛾南方品系性信息素组分的研究.....
..... 符文俊 黄昌本 邱鸿贵 陈国明 吴松筠 贺贤进 (13)
环境温度对亚洲玉米螟求偶活动及性信息素释放的影响.....
..... 杨智化 唐贤汉 杜家纬 (19)
大豆食心虫性诱剂应用研究初报..... 杜俊岭 赵晓丽 李 尧 (25)
梨大食心虫性信息素的化学结构测定..... 孔繁蔷 胡兴华 徐建伟 (31)
核桃举肢蛾性行为及性诱剂研究初报.....
..... 王瑞 李青森 郭贵明 伍德明 阎云花 崔君荣 (35)
棉铃虫产卵驱避素的研究初报..... 张青文 杨奇华 周明群 (41)
苦楝种核提取物对棉铃虫生长发育影响的机理研究..... 祁云台 陈国明 吴松筠 (47)
两种栖境的松毛虫赤眼蜂对植物气味行为反应的比较.....
..... 邱鸿贵 邱中良 符文俊 周 敏 沈伯钧 刘光华 (53)
植物酚类物质对亚洲玉米螟幼虫生长发育的影响..... 雷 石 祁云台 (59)
禾缢管蚜蜜露的分泌节律以及分泌量与小麦品种、生育期关系的初步研究.....
..... 杨益众 汪士新 王进强 (63)
蛱蝶和寄主植物中环烯醚萜甙的研究..... 朱 卫 (67)
酚酸化合物对植物生长的影响及其在土壤中的滞留..... 祝心如 王大力 何芬珠 (71)
植物激素对疫霉菌营养生长及有性生殖的影响..... 杨依军 沈崇尧 (79)
生化他感作用的表现型及与垂穗披碱草人工草场自然退化现象关系的探讨.....
..... 张宝琛 白雪芳 陶燕铎 顾立华 甄润德 (85)
两种云南龙脑香属植物树脂精油的倍半萜成分及其季节性变化.....
..... 王锦亮 丁靖坤 程治英 杨崇仁 (91)
〔实验技术〕
昆虫信息素研究方法论 I . 微量分析技术..... 杜家纬 (97)
槐尺蠖性信息素的不对称合成..... 王胜新 么思云 李正名 (107)
〔综述〕
植物化学生态学的形成、发展和研究内容..... 孔令韶 (111)
中国农业生产中植物生化他感作用的考察报告..... 张宝琛 陶燕铎 唐崇实 (117)
中国林业生产中的植物生化他感作用..... 陶燕铎 张宝琛 (125)
蜘蛛化学通讯的研究..... 李代芹 (131)

CONTENTS

The Research on the Forecasting Models of the Pink Bollworm with the Sex Phermone Traps *Xie Jialong Chen Yuanguang Zhang Li & Tang Xiangguan* (1)

Studies on Male Pheromone of *Heliothis armigera* and *H. assulta*
..... *Huang Yongping Xu Shaofu & Du Jiawei* (5)

Studies on Sex Pheromone Components of Summer Fruit Tortrix Moth *Adoxophyes orana* in South China.....
Fu Wenjun Huang Changben Qiu Honggui Chen Guoming Wu Songyun & He Xianjin (13)

The Effect of Environmental Temperature on Calling Behaviour and Sex Pheromone Release of the Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenee)
..... *Yang Zhihua Tang Xianhan Du Jiawei* (19)

The Preliminary Studies on of Control Soybean Pod Borer by Using Sex Attractant..... *Du Zhunling Zhao Xiaoli & Li Yao* (25)

Identification of the Sex Pheromone of Large Pear Borer, *Eurhodope pirtvorella matsunura* *Kong Fanlei Hu Xinhua & Xu Jianwei* (31)

Studies on Sexual Behaviour and Sex Attractancy of Walnut Sun Moth (*Atrijuglans hetaohei* Yang)
..... *Wang Rui Li Qingsen Guo Guiming Wu Deming Yan Yunhua & Cui Junrong* (35)

Preliminary Study on Oviposition-Deterring Pheromone of *Heliothis armigera* *Zhang Qinwen Yang Qihua & Choe Mingzang* (41)

Study of Mechanism of Effects of Secondary Substances in Seed Stone of *Melia azedarach L.* on Growth and Development of Cotton Boll Worm
..... *Qi Yuntai Chen Guoming Wu Songyun* (47)

Comparison of Behavioral Responses of *Trichogramma dendrolimi* in Two Ecological Environments to Plant Odours
... *Qui Honggui Qiu Zhongliang Fu Wenjun Zhou Ming Shen Bojun & Liu Guanghua* (53)

Effects of Plant Phenolics on the Larval Growth and Development of Asian Corn Borer, *Ostrinia furnacalis* G. *Lei Shi Qi Yuntai* (59)

Preliminary Study on the Secretion Rhythm of the Honeydew of *Rhopalosiphum padi* (L.)and on the Relationship between the Secretion Quantity and Wheat Variety and Growth Stage *Yang Yizhong Wang Shixin Wang Jingqiang* (63)

Iridoid Glucosies in the Butterfly *Euphydryas cynthia* and Its Host Plant
..... *Zhu Wei* (67)

Effect of Phenolic Compounds on Growth of Plant and Sorption in Soil ...
..... *Zhu Xinru Wang Dali He Fenzhu* (71)

Effect of Phytohormones on Somatic Growth and Sexual Reproduction of *Phytophthora de Barry* *Yang Yijun Shen Chongyao* (79)

The Preliminary Probing Into the Phenotypes of Allelopathy and the Relation-

ship Between Allelopathy and Natural Degenerated Phenomenon of <i>Elymus nutans</i> Artificial Grassland	Zhang Baochen Bai Xuefang Tao Yanduo Gu Lihua & Zhen Runde (85)
The Sesquiterpenes and Their Seasonal Variations in the Oleoresin Essential Oils from Two Species of <i>Dipterocarpus</i> in Yunnan	Wang Jinliang Ding Jingkai Chen Zhiying & Yang Chongren (91)
Methodology of Pheromone Research I. Micro-Analytical Technique	Du Jiawei (97)
The Asymmetric Synthesis of the Sex Pheromone of <i>Semiothisa cirraria</i>	Wang Shengxin Yao Enyun & Li Zhengming (107)
The Advance and Study Content of Chemical Ecology of Plant	Kong Lingshao (111)
The Investigation Report of Allelopathy in Chinese Agricultural Production ...	Zhang Baochen Tao Yaoduo & Tang Congshi (117)
Phenotypes and Application of Allelopathy on Chinese Forestry Production ...	Tao Yanduo & Zhang Baochen (125)
Research on Chemical Communication of Spiders	Li Daiqin (131)

棉花红铃虫性信息素预报模型的研究

谢佳龙 陈元光 张力

(中国科学院上海昆虫研究所)

唐祥冠

(浙江省宁波市俞范测报站)

摘要 在计算机辅助下, 将 Fuzzy 综合评判的理论应用到棉红铃虫的性信息素数量预报方面, 组建并比较分析了 216 个模型; 对模型的组成和应用作了一些探讨。结果表明: 利用 Fuzzy 综合评判的方法对棉红铃虫进行性信息素的预报是可行的。

关键词 棉红铃虫 预报模型 性信息素 Fuzzy 综合评判模型

前 言

利用性信息素监测棉花红铃虫 (*Pectinophora gossypiella* (Saunders)) 已被广大植保工作者所接受, 但利用性信息素监测资料进行预报还缺乏深入的分析和研究。由于诱蛾量数据包含有来自目标昆虫、生态环境、诱源和寄主作物等多方面的信息, 每个方面对诱蛾量的影响都具有不确定性和模糊性, 因而使得性信息素测报系统变得非常的复杂。常规的预报方法难以利用性信息素监测数据进行准确的预报。本研究将模糊集合理论应用到性信息素的测报领域, 采用 FUZZY 综合评判的方法对棉红铃虫进行预报。考虑到棉红铃虫第二代卵孵化后的幼虫对棉花造成的经济损害最大, 准确地预报二代卵量是整个棉红铃虫测报计划的关键, 本研究以二代卵量为主进行建模分析。试图摸索出一种能利用性信息素监测资料, 并宜于在测报部门推广应用的预报程序。

材 料 与 方 法

资料来自 1981—1990 年大田试验所获数据和浙江省宁波市镇海测报站提供的部分测报数据。在整理、分析 1979 年到 1990 年共十二年的棉红铃虫性信息素监测资料的基础上, 建立起棉红铃虫性信息素监测系统的数据库, 包括棉红铃虫监测数据库、棉花生长发育数据库和生态环境数据库。

根据害虫的生物学特征, 在计算机辅助下, 通过调用各数据库资料, 对影响二代卵量的前期因子进行滑动时段的最佳寻优; 时段的最后确定兼顾考虑到应用的方便性。建立的模型力图取消对查卵的依靠。最后确定以一代蛾高峰期前累计蛾量(峰前累蛾)、棉花现蕾期(以 6 月 1 日为 1, 2 日为 2, 依此类推)和 6 月中旬到 7 月上旬的总降水量 3 个因子作为

组建模型的主要因子，构成 FUZZY 综合评判的因素集。对各因子按分级标准进行五级分级处理。

由于各因子对二代卵量的作用大小不同，选择 8 种统计参数和专家评判给分法确定各因子的权重；以 4 种概率逼近的方法构成评判矩阵；采用 7 种广义的 FUZZY 算子作为联系 FUZZY 向量和 FUZZY 矩阵的合成子；由上述权重、评判矩阵和合成算子组建成 FUZZY 综合评判模型(见图 1)。运行上述各种组合的模型，对历年二代卵量进行回报，根据最大隶属度原则判断所在级别，将评判级别与实际级别列联表，以列联表 S 值对各模型的组件和各模型的预报质量进行评价。用 FUZZY 综合评判模型与常规多元线性回归模型对历年二代卵量进行回报和对 90 年发生情况进行预报，比较两者的优缺点。

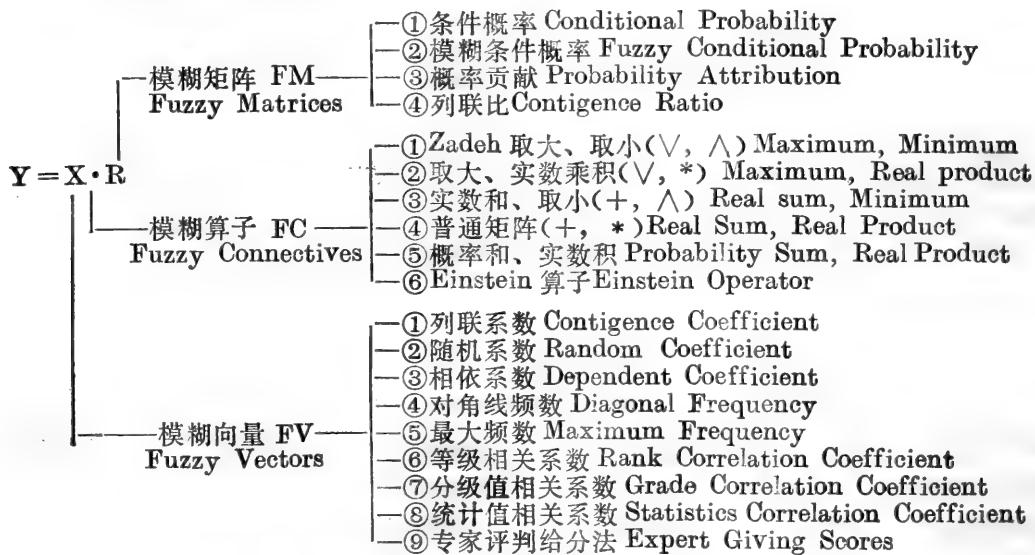


图 1 FUZZY 综合评判模型的组成
Fig. 1 The Components of Fuzzy Synthetical Evaluation Models

结果与讨论

一、FUZZY 综合评判模型 $Y = X \cdot R$ ，每一个模型的 3 个组成成份都可根据应用的需要而进行比较、选择和调整。从本研究所采用的各种评判向量、评判矩阵和模糊算子的比较中发现：

1. 由于所选择的 3 个评判因子具有很大的可靠性，9 种不同方法所确定的权重，S 值差异很小。
2. 4 种评判矩阵以概率贡献和列联比符合率最高，因其兼顾考虑了预报准确率和回报符合率两个方面的信息。
3. 7 种算子差异显著。“有界和、有界积”算子因先进行 $\max(1, a+b-1)$ 处理，可能出现评判向量全为 0 的情况，使得无法作出评判。对前 6 个因子进行比较发现：经典的 Zadeh 算子丢失信息太多，符合率最低，不适合于因子较少的情况。而“实数和、Zadeh 取小”算子符合率较高，适合于因子较少的情况。其它算子则更加强调整体的作用，适用于

因子较多的情况。

二、在构建的216个模型的基础上，以分级值的相关系数作为各因子的权重、以列联比构成评判矩阵、以“实数和、Zadeh 取小”作为算子，组建成对二代卵量进行综合评判的优化模型。通过对该模型进行模拟评判，得到了具有理论价值和应用价值的“评判速查表”。初步分析，该表可进行预报、回报、比较模型的优劣、了解害虫大发生的条件，以及为害虫动态经济阈值的研究提供新的思路。

三、将 FUZZY 综合评判模型与常规多元线性回归模型进行对照比较，发现前者比后者回报准确率显著提高，预报性能得到改善。

四、在综合评判优化模型的基础上，增加第一次发现卵的日期，构建成预报二代卵量的预报模型。该预报模型不仅模拟能力强，回报符合率达到100%，而且预报性能得到提高，预报1990年的二代卵量完全符合。模拟运行该模型，可得到“预报速查表”。该表可指导基层植保工作者很方便地应用 FUZZY 综合评判的方法，提前一个月左右对棉红铃虫二代卵量做出准确的预报。通过该研究，初步解决了利用棉红铃虫性信息素进行卵量的中期预报问题，为生产中实施该预报程序提供了方法，并为确定以诱蛾量为依据的经济阈值提供了可供参考的一些思路。本文所建立的模型经过适当的调整，同样适应于其它能对数据进行分级处理的病虫害预报系统。

五、组建一个预报模型，总是力求它能最准确地预报。由于组建模型时总是以历史资料为基础，所有模型都是对过去害虫的发生情况进行模拟。“评判速查表”虽然可以对模型的预报性能做出一定的评价，但只有大田的实际发生情况才是最终的检验标准。所以应根据新的情况对模型作出调整、修改和补充，使模型进一步充实和完善。

参 考 文 献

- [1] 汪培庄。1983。模糊结合论及其应用。上海科学技术出版社。
- [2] Dubois, D. and Prade, H. 1980 *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications* New York, London, Toronto.
- [3] Henneberry, T.J. and Clayton, T.E. 1982 Pink bollworm of cotton (*Pectinophora gossypiella* (Saunders)): male moth catches in gossypium-baited and relationship to oviposition, boll infestation and moth emergence, *Crop Protection*, 1, 497—504.
- [4] Hutchison, W.D., Beasley, C.A., Henneberry, T.J. and Martin, J.M. 1991 Timing insecticide application for pink bollworm (Lepidoptera, Gelechiidae) management: comparing of egg and larva treatment thresholds. *J. Econ. Entomol.*, 84(2): 470—475.
- [5] Richard E.P. 1986 Uncertainty and the Economic Threshold. *J. Econ. Entomol.*, 79(1): 1—6.

THE RESEARCH ON THE FORECASTING MODELS OF THE PINK BOLLWORM WITH THE SEX PHEROMONE TRAPS

Xie Jialong Chen Yuanguang Zhang Li

(Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica)

Tang Xiangguan

(Yufan Station of Plant Protection, Ningbo, Zhejiang)

With the computer aided, 216 fuzzy synthetical evaluation models for forecasting

the pink bollworm by the sex pheromone traps are constructed and compared. The components of these models and their applications are also discussed. The result shows that it is feasible to forecast the relative quantity of the second generation of the pink bollworm with the sex pheromone monitoring system by using the fuzzy synthetical evaluation.

Key words *Pectinophora gossypiella* (Saunders) forecasting model sex pheromone, fuzzy synthetical evaluation

棉铃虫和烟青虫雄性信息素的初步研究

黄勇平 许少甫 杜家纬

(中国科学院上海昆虫研究所)

摘要 本研究从形态, 化合物的结构鉴定, 功能三个方面报道了对棉铃虫和烟青虫雄性信息素研究的初步结果。这两种雄虫释放雄性信息素的器官是腹部末端的味刷。在味刷上着生有长短不一的毛状和勺状鳞片。利用扫描电镜观察的结果表明: 毛状鳞片上仅有纵向排列的两列小孔, 然而, 勺状鳞片上除了柄部与毛状鳞片相似的小孔以外, 端部的膨大部位还具有散生的小孔, 并且还有羽状鳞片成列分布其表面, 这些羽状小鳞片上也有小孔道。对雄蛾味刷的正己烷浸提液采用高效毛细管柱的色谱进行分析, 结果表明, 烟青虫和棉铃虫的抽提物分别存在17和11个组分。利用色谱保留时间定性方法和GC/MS鉴定出棉铃虫的11个组分中, 其中的7个为: 14:OH, 16:OH, 18:OH, 14:COOH, 16:COOH, 18:COOH, 和16:Ac。烟青虫的17个组分中, 除了与上相同的7个组分以外, 还含有14:Ac, Z9-14:Ac, 和18:Ac。小风洞中的行为观察表明, 黑暗处理8h的三日龄雌蛾腺体能诱导雄蛾完成定向, 降落, 接近雌蛾并撒开味刷等一系列行为反应。然而, 在离腺体2cm处放置蘸有雄虫味刷浸提液的玻棒, 即抑制了雄虫定向以后的行为反应。

关键词 棉铃虫 烟青虫 雄性信息素 行为反应

30多年来, 人们对昆虫性信息素作了大量的研究。然而, 这些研究大都限于雌蛾释放的性信息素, 而对雄性昆虫产生的信息素研究得甚少, 其主要原因是现阶段人们仅认为雌蛾释放的性信息素具有巨大的应用潜力。实质上雄性信息素在雌雄两性交配化学通讯中同样起着重要的作用^[1]。本研究的目的在于对棉铃虫(*Heliothis armigera*)和烟青虫(*H. assulta*)雄虫味刷器官的形态, 雄性信息素的化学及其功能进行探讨。

材料和方法

一、实验昆虫

虫源 棉铃虫 1989年8月从江苏省泗阳县引入棉铃虫在实验室内人工饲养^[2]。烟青虫 由本所协同进化室李文谷老师提供^[3]。

饲养条件 饲养室温度为 25 ± 1 ℃。光照周期为14h光照, 10h黑暗。

二、交配行为的观察

在室温为 25 ± 1 ℃, 的条件下进行。将羽化后经过两个完整光周期处理的雌、雄成虫放置于纱笼内, 从黑暗开始, 观察雌虫的求偶, 雄虫的反应, 直至交配成功。记录各个阶段两性的行为。

三、雄性信息素的制备和分析

1. 实验昆虫的处理: 幼虫化蛹后, 将其按雌雄性别分开放置。待成虫开始羽化时, 把实验所用的雄虫单个的放在(内部容积大约为200ml)玻璃马灯罩内。马灯罩被放在铺有湿布的瓷盘上, 并在其上方覆盖的纱网上放一个浸湿8%蜜糖水的小棉球。处理雄虫的温度以及光照周期同上。

2. 雄性信息素的提取：经过一个或者两个完整的光周期处理后，把黑暗处理6h的雄虫取出，用手指压挤腹部使其伸出缩在腹内的生殖器以及味刷，再用手术剪剪下味刷及生殖器，置于滤纸上吸去体液，然后将剪下的味刷放入到微型尖底指管内。加入重蒸的正己烷直到将味刷全部浸入为止。室温下，浸提1h，取出抽提液后，用N₂浓缩至5μl左右，以便分析。

3. 气相色谱和质谱分析：化合物分析和鉴定采用HP-5880 A和HP-5890毛细管色谱仪，氢火焰离子化检测器，无分流进样装置，配微处理机。HP-5880 A和HP-5890分别装有HP-17(0.2mm×25m)和HP-1(0.2mm×25m)毛细管柱。色谱条件：起始温度为100℃，保持2min，升温速率为10℃/min，终止温度为200℃。进样器和检测器温度均为250℃。分析所用的质谱为HP-5988色质联用仪。工作条件为：色谱柱(HP-1, 0.2mm×12m)起始温度：80℃，保持2min，程序升温速率10℃/min，终止温度为200℃。离子源温度240℃，电压70eV。

4. 酸性甲酯化反应：甲酯化反应液：甲醇：苯：硫酸=30:15:1(v:v:v)。

反应步骤：(1)将样品置于尖底试管内并在N₂下吹干，然后加入10μl反应液；(2)把试管放入到密封的小瓶内，在100℃的条件下加热1h；(3)待试管冷却后，加入10μl正己烷和10μl水，并振荡；(4)将试管上面的正己烷层移到另一尖底试管内，经N₂浓缩后进样分析。

四、小风洞行为观察

实验所用的小风洞(50×15×15cm)由作者自行设计。在行为反应观察时，用一特制塑料小管，把雌虫的性信息素腺体顶出体外，以此引诱雄虫的反应。

结 果

一、味刷的结构以及味刷上毛的超微结构

棉铃虫和烟青虫的味刷器官位于腹部的末端，其腺体着生在尾铗的基部。通常情况下，味刷连同阳具以及尾突缩在体内，经过人为的挤压或者雌性信息素的引诱，味刷伸出体外。其结构如图1。

在光学显微镜下观察的结果表明，组成味刷的毛有两种类型(图1)。一种为勺状毛。它们占味刷上全部毛数量的90%以上。这种毛的基部和中部呈杆状，端部的1/4呈膨大的勺状。它们着生在尾铗上，其长短随生长的部位而变，这样在雄虫撒开味刷时，毛的端部排列在同一水平面上。另一种为针状毛，它们散生于勺状毛之中。毛的基部和中部与勺状毛相同，但在端部呈针状。

利用电子显微镜对这两种毛进行细微的观察^[4,5]，结果如图2。从毛基部横断面的显微照片上可以看到，毛的内腔有与骨架相似的结构，其余部分为空腔。在基部和中部的表面上有许多突起的相互平行的脊。在两个脊之间的凹陷处，有很多小孔^[7]。勺状毛的膨大部位结构更为复杂。在膨大部位上又着生了小的片状毛。这些片状毛上也具有小的孔洞，这样的结构明显的增加了毛的表面积。

二、棉铃虫和烟青虫的交配行为

根据观察和分析，棉铃虫的雌虫求偶和性信息素释放的量在第三天达到高峰。与此一

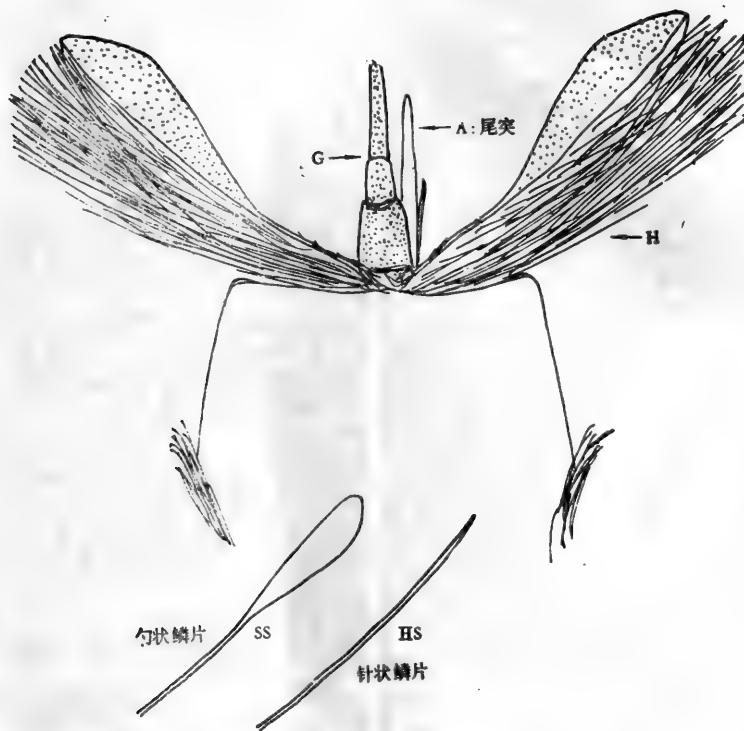


图 1 棉铃虫雄虫味刷结构

H: 味刷, G: 生殖器, HS: 毛状鳞片, SS: 勺状鳞片

H: hairpencil; G: genitalia; HS: elongated hair scales; SS: elongated spoon scales

Fig. 1 The structure of hairpencil of *H. armigera*

致, 所观察到的雌, 雄两性的交配也大都发生在这段时间。按照交配的先后顺序, 可将其划分为如下阶段:

求偶阶段 雌虫将触角向前伸出, 并向各个方向摆动, 同时在足的支撑下将腹部水平抬起, 双翅保持振动。性信息素腺体从腹部末端伸出。

雄虫的反应 感受到雌性信息素的雄虫开始摆动触角, 双翅开始振动, 然后起飞, 寻找性信息素源。

接近雌虫 沿信息素气迹飞抵雌虫周围的雄虫在确定具体的位置后, 降落在雌虫附近, 然后, 用触角碰雌性腺体, 并打开味刷, 腹部上弯, 试图交配。

交配 被雄虫接触过的雌虫如果继续伸出腺体并保持不动, 雄虫便用尾铗挟住雌虫的腹部末端, 开始交尾。交配的时间可能在 30min 内结束, 也可能延长至 10h, 平均 2h。

烟青虫在交配过程中, 雌虫的求偶高峰出现在第二个黑暗周期, 并比棉铃虫提前 2~3h。然而在交配行为上和棉铃虫具有相近之处, 它的交配行为也可用以上阶段作以描述。

三、小风洞中雄性信息素的功能实验

把抽提得到的雄性信息素在小风洞中进行试验, 观察其对雌虫和雄虫性行为的影响。在对雄虫的影响中, 选择起飞(TF), 定向(OR), 飞向性信息素源(FTS), 降落(LD), 撒

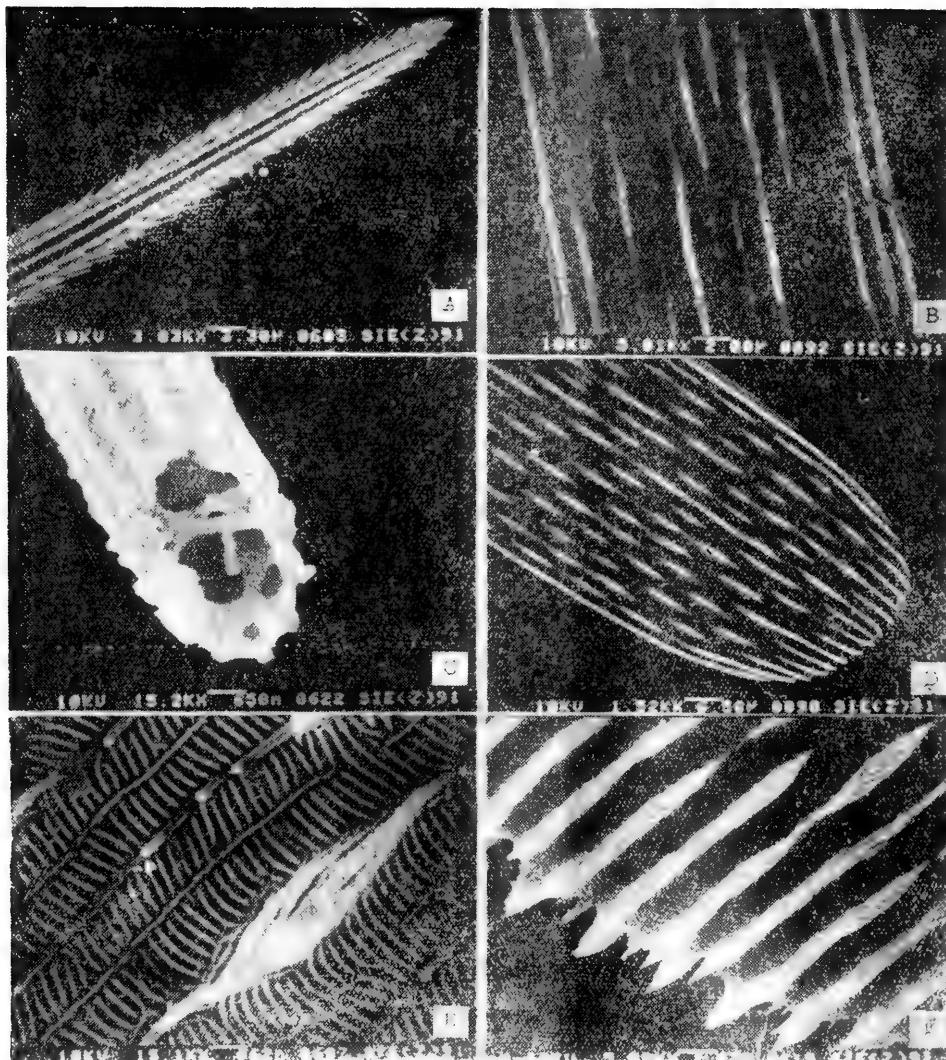


图 2 棉铃虫和烟青虫味刷鳞片的显微结构

A: 毛状鳞片的尖部; **B:** 勺状鳞片的杆部; **C:** 勺状鳞片杆部横断面; **D:** 勺状鳞片端部; **E:** 勺状鳞片端部上着生的小鳞片; **F:** 着生于膨大部位两面的小鳞片

Fig. 2 Scanning electron micrographs of hairpencils of *H. armigera* and *H. assulta*
 A: tip of HS; B: trunk of SS; C: cross area of SS; D: spoon area of SS; E: small scales on Spoon
 Scales of SS; F: small scales on both sides of SS

开味刷(DIS), 和腹部上弯(AUB)为反应指标^[4], 对雄虫的反应进行观察, 结果如表1。从表1的结果中可以看到, 雄虫味刷抽提物对同种的其它个体存在着抑制作用, 并且这种作用主要从定向阶段开始进而影响到以后的各种行为反应。

四、雄性信息素组成成份的结果分析

对雄性信息素的正己烷提取物用高效毛细管柱气相色谱分析(图3), 并用一系列的标样对照, 以及质谱分析证实, 结果如表2和图4。在极性柱上, 所得到的峰与标样中的Z9-14:Ac, 14:OH, 14:Ac, 16:OH, 18:OH 和18:Ac的峰完全一致。而在非极性柱上, 除了

表 1 雄性信息素对同种雄虫反应的影响

Table 1 The effects of male pheromone of *H. armigera* on behavioral response of its conspecific males

处 理 Treatment	雄虫的行为反应(%) The percentage of male's response					
	TF	OR	FTS	LD	DIS	AUB
雌性腺体 Female gland (n=20)	100	90	65	65	60	60
雌性腺体 + A* Female gland + A* (n=20)	95	85	70	60	60	55
雌性腺体 + B** Female gland + B** (n=15)	75	20	0	0	0	0

*: 含重蒸正己烷的滤纸片。 **: 含五个雄性腺体抽提物的滤纸片

*: The filter paper contains distilled hexane

**: The filter paper contains hexane extracts of 5 hairpenoils

上述化合物以外, 14:COOH, 16:COOH, 18:COOH 和 18:COOH 的存在也获得了证实。对棉铃虫和烟青虫的雄性味刷抽提物在两种柱上进行分离, 也表现出一定的差异。烟青虫比棉铃虫在峰的数量上要多, 然而, 棉铃虫三种饱和羟基化合物的含量则是烟青虫的三倍以上。对棉铃虫雄性味刷抽提物用 GC/MS 进行分析, 通过谱库检索也进一步证实了所鉴

表 2 烟青虫和棉铃虫雄性信息素的高效毛细管柱 (HP-1) 气相色谱分离结果

Table 2 The GC analysis of male pheromone of *H. armigera* and *H. assulta* on apolar column (HP-1)

峰号 peak	种类 species	烟 青 虫 (<i>H. assulta</i>)	棉 铃 虫 (<i>H. armigera</i>)	标 样 sample
		RT		
1		16.13(13.40)*	16.13(13.40)	16.13[14:OH]
2		17.23		
3		18.03	18.01	18.01[14:COOH]
4		19.03		19.07[Z-9-14:Ac]
5		19.31	19.32	
6		19.78(15.20)		19.78[14:Ac]
7		20.94	20.94	
8		22.11(16.95)	22.11(16.95)	22.10[16:OH]
9		24.46	24.45	
10		25.54	25.53	25.50[16:COOH]
11		26.41		
12		28.30(19.91)	28.20(19.87)	28.22[16:Ac]
13		28.94		
14		32.91	32.91	
15		33.37(23.15)	33.37(23.15)	33.34[18:OH]
16		39.84	39.84	39.81[18:COOH]
17		45.44(28.62)		45.43[18:Ac]

* 括号内的数字为极性柱上分离的保留时间。

*: The time inside bracket is the analysis result on polar column.

定的三种羟基化合物。

由于三种酸在这两种柱上均不能得到理想的峰形（通常峰都较宽，保留时间也有较大的变化），为此用酸性甲酯化反应对抽提样品进行了证实。反应后用气相色谱进行分析的结果如表3。这个反应进一步确证了14:COOH 16:COOH和18:COOH在雄虫味刷上的存在。

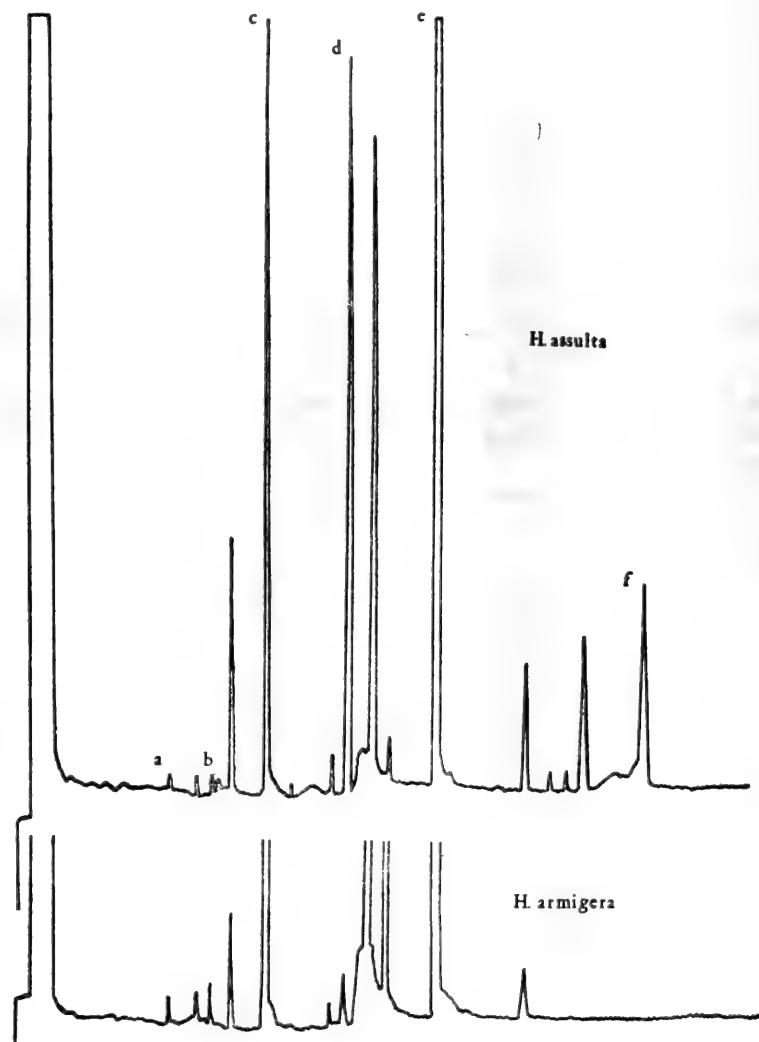


图3 烟青虫和棉铃虫雄性信息素的高效毛细管柱(HP-17)气相色谱分析
Fig. 3 The GC (HP-17) analysis of the male pheromone of *H. assulta* and *H. armigera*
a: 14:OH, b: 14:Ac, c: 16:OH, d: 16:Ac, e: 18:OH, f: 18:Ac

讨 论

夜蛾科的昆虫中，切根夜蛾亚科的雄虫味刷器官位于腹部末端。味刷上鳞片独特的超

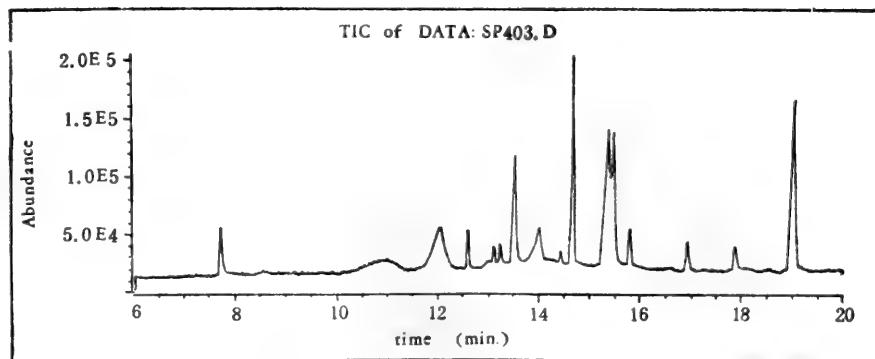


图 4 棉铃虫雄性信息素总离子质谱图

Fig. 4 The GC/MS analysis of the male pheromone of *H. armigera*

表 3 烟青虫雄性信息素的甲酯化反应结果

Table 3 The acid methanolysis of male pheromone of *H. assulta*

柱型 TC*	样品 Items	标 样: Me			抽提样品: Me Extracts: Me
		14:Me	16:Me	18:Me	
非极性柱 AC*	17.19	23.90	36.84	17.18 23.98 36.82	
(HP-1)					
极性柱 PC*	14.00	17.88	24.86	13.99 17.92 24.90	
(HP-17)					

*: TC: Type of column, AC: Apolar column, PC: Polar column.

微结构, 增加了向外释放雄性化合物的表面积, 这样使雄虫在撒开味刷的瞬间就能够把所需要释放的化合物释放出体外。

把棉铃虫和烟青虫雄虫味刷上鉴定出的化合物种类同烟芽夜蛾^[6]的化合物来进行比较, 可以发现同一属虫的化合物种类具有较大的相似性。正如它们的雌性信息素, 通过调整各个组分之间的比例来确定各种自身的通讯信道一样, 雄性信息素种的特征也主要是表现在化合物量的变化上。

对雄性信息素进行研究, 可以对交配过程中的生物现象作以解释。在行为观察中, 虽然有几头雄虫同时接受到雌性信息素的刺激, 也可能这几头虫会同时找到雌性信息素源, 但是真正在雌虫周围并能接触到雌性腺体的仅为一头雄虫。产生这种现象的原因可能是一头雄虫在接触雌虫时打开味刷释放出了雄性信息素, 使雌虫感知雄虫的到来并作好交配准备, 同时也使其它雄虫远离这一被选择的雌虫而使其在交配过程中不受干扰。

风洞研究中, 在雄性信息素存在的前提下, 雄虫正常的性反应行为受到了影响。这种影响最终导致雌雄虫不能完成交配而达到降低下一代种群的目的。这项结果为我们开发利用信息素的利用提供了依据。

除了羟基化合物以外，从雄虫的味刷中还鉴定出了酸和酯类化合物，它们在雌雄两性交配过程中的作用将在以后的研究中加以报道。

参 考 文 献

- [1] 杜家纬 1986。昆虫信息素及其应用，中国林业出版社。
- [2] 李文谷等 1991。一种适用于多种棉花鳞翅目害虫的麦胚饲料。昆虫学研究集刊，第十集，35—40。上海科学出版社。
- [3] 乐云仙等 1978。棉铃虫核型多角体病毒的研究(1)病症和病原物。复旦大学学报，1:74—85。
- [4] Birch, M.C. and G.M. Poppy. 1990. Scents and eversible scent structures of male moths. *Ann. Rev. Entomol.* **35**: 25—58.
- [5] Clearwater, J.R. 1975. Structure development and evolution of the male pheromone system in some Noctuidae (Lepidoptera). *J. Morphol.* **146**: 129—176.
- [6] Teal, P.E.A. and J.H. Tunlinson. 1989. Isolation, identification, and biosynthesis of compounds produced by male hairpencil glands of *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Chem. Ecol.* **15**: 413—427.

STUDIES ON MALE PHEROMONE OF *HELIOTHIS ARMIGERA* AND *H. ASSULTA*

Huang Yongping Xu Shaofu Du Jiawei

(Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica)

The morphorology, function of hairpencil extract, and chemical identification of male pheromones of *H. armigera* and *H. assulta* were reported. On the hairpencils, there are hair scales and spoon scales. By means of Scanning electron microscope, the rows of circular pores separated by cuticular ridges extending their length on the scales of hairpencils were observed. Differing from the hair scales, the spoon scales have an expanded area on which there are many small feather scales with pores. Extracts of hairpencils were analyzed by capillary gas chromatography and by GC / MS. Seventeen and eleven compounds were found from the hairpencils of *H. assulta* and *H. armigera*, respectively. Among the eleven compounds of *H. armigera*, seven of them were identified as: tetradecanol, hexadecanol, octadecanol, tetradecanoic acid, hexadecanoic acid, octadecanoic acid, and hexadecanyl acetate. Except above compounds, tetradecanyl acetate, (z)-9-tetradecenyl acetate and octadecanyl acetate were also found in the hairpencils of *H. assulta*. Observing through the small wind tunnel, the female pheromone gland during the 6th to 8th hour of the dark period of the third complete scotophase can lure males orienting, landing, approaching on the gland, and displaying their hairpencils. However, when a glass stick with 5 ME of hairpencil extract was put 2 cm from the gland, the males' behaviral response was inhibited.

Key words *Heliothis armigera* *H. assulta* male pheromone behaviral response

棉褐带卷叶蛾南方品系 性信息素组分的研究*

符文俊 黄昌本 邱鸿贵 陈国明 吴松筠

(中国科学院上海昆虫研究所)

贺贤进

(浙江慈溪市庵东农业技术推广站)

摘要 棉褐带卷叶蛾是分布广泛为害多种作物的害虫。采用单个活雌蛾腺体气体抽提物的毛细管气相色谱技术对我国南方品系的性信息素组分进行定量分析。分析了60个雌蛾腺体,发现我国南方品系的性信息素系统由顺-9-十四碳烯-1-醇乙酸酯(Z-9-14:Ac)与顺-11-十四碳烯-1-醇乙酸酯(Z-11-14:Ac)比例为25:75的两个组分组成,GC-MS分析也证实这一结果。田间诱捕试验表明上述两个化合物的合成样品以3:7比例混合在田间诱蛾量最多。分析结果与前人研究的日本、欧洲和我国北方品系显著不同。

关键词 棉褐带卷叶蛾 性信息素 顺-9-十四碳烯-1-醇乙酸酯 顺-11-十四碳烯-1-醇乙酸酯

棉褐带卷叶蛾 *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm 是分布较广的世界性害虫,主要为害苹果、桃等果树以及茶树、棉花等作物,因此又分别名为苹小卷叶蛾、茶小卷叶蛾和棉小卷叶蛾等。棉褐带卷叶蛾性信息素的化学结构鉴定已有报道^[3,4,5,6],其主要组分为顺-9-十四碳烯-1-醇乙酸酯(Z-9-14:Ac)和顺-11-十四碳烯-1-醇乙酸酯(Z-11-14:Ac),Z-9- 和 Z-11-14:Ac 的比例在7:3和9:1之间。陈子康等^[1]用合成样品Z-9-14:Ac和Z-11-14:Ac的混合物在北方果园诱捕雄蛾,证实两个化合物7:3或9:1的混合物诱蛾量最多,而在南方采用上述比例的样品很少诱到雄蛾。为此,我们对南方品系的性信息素的组成进行了分析,并用这两个化合物不同比例的样品在茶园和棉田进行田间诱捕试验。试验表明我国南方品系的性信息素组成与日本、欧洲和我国北方品系存在明显的差异。

材料和方法

一、虫源

棉褐带卷叶蛾南方品系分别采自安徽广德县祠山岗茶场和浙江慈溪市坎墩棉田。采来的老熟幼虫化蛹后,分雌雄单头分装于小玻璃管中,置于温度为25℃,光照:黑暗为14:10的温室内,待羽化后将雌蛾转移至小纱笼中,喂以8%的糖水,2~3d后逐头收集性信息

* 本研究为国家自然科学基金资助项目的一部分。工作中得到安徽省广德祠山岗茶场、浙江省慈溪市植保站和许多甫的协助,在此一并致谢。

素。

二、性信息素收集方法

收集单头活体雌蛾分泌的性信息素的装置参照黄昌本等^[2]报道的方法。将羽化2~3d未交尾的雌蛾先冷冻麻醉，装入特制的细玻璃管中，使产卵器和性腺体外露并穿出玻璃管端的小孔，将玻璃管插入收集装置中。以40ml/min流速的净化过氮气吹腺体表面10min，腺体释放的性信息素吸附于清洁的玻璃棉上。然后在玻璃棉上滴加10ng十六碳乙酸酯作内标，再以总量为40μl的重蒸正己烷分四次淋洗收集器内壁和玻璃棉，淋洗液收集在一个内径为5mm，长20mm的尖底玻璃管中，在氮气流下浓缩至5μl，注射至毛细管气相色谱仪和气谱一质谱联用仪中进行分析。上述操作在25~28℃室温下进行。

三、分析仪器和条件

气相色谱分析采用岛津GC-9A型带无分流进样器和氢火焰离子检测器的毛细管气相色谱仪，RSL-300聚甲基苯硅氧烷融硅柱(25m×0.25mm)。色谱条件：起始温度100℃，保持2min，然后以5℃/min的速率程序升温至200℃。十六碳乙酸酯(内标)的保留时间为19.678min。Z-9-14:Ac和Z-11-14:Ac的保留时间分别为15.687min和15.933min。以内标的数据为基准，分别计算每头活雌蛾10min释放的性信息素量及两组分的比例。每个种群测定30头雌蛾后计算其平均值。

色谱一质谱分析采用HP5988型色谱质谱联用仪，离子源温度为240℃，离子电压为70eV，联用仪中色谱柱为HP-1，色谱条件同上。

四、田间诱捕试验

性信息素诱蕊的配制：Z-9-14:Ac和Z-11-14:Ac合成样品由江苏省激素研究所提供。以正己烷为溶剂，分别配制两组分比例为1:9、3:7、5:5、7:3和9:1的样品，其比例用毛细管色谱仪逐一加以校正，每只硅橡胶塞载体滴加总量为0.5mg的混合样品。

诱捕器采用泰兴生物器材厂生产的TX-91型塑料标准诱捕器，每种配比诱蕊各设4只诱捕器，每组试验共设24只诱捕器，诱捕器随机放置田间，高度与田间作物顶部平行，每个诱捕器相距30m以上，分别于1991年7~9月在安徽广德祠山岗茶场和浙江慈溪庵东棉田进行诱捕试验，逐日检查记录诱蛾量。

结 果 和 讨 论

一、棉褐带卷叶蛾性信息素的组分和比例

采用单个活雌蛾腺体抽提物的毛细管色谱分析技术，定量地测定了60头雌蛾10min释放性信息素量以及两组分的比例，其中浙江慈溪种群30头，安徽广德种群30头。色谱分析发现抽提物中存在两个主要组分(见图1)，峰1的保留时间为15.684min，峰2的保留时间为15.930min，与合成标准样品的保留时间核对，峰1和峰2的保留时间分别与标样Z-9-14:Ac和Z-11-14:Ac的保留时间完全一致。

用GC-MS对峰1和峰2作进一步验证，峰1和峰2的质谱图如图2和图3所示，其基峰、离子峰及碎片质谱图与Z-9-14:Ac和Z-11-14:Ac标样的质谱图完全一致。证明棉褐带卷叶蛾南方品系性信息素主要组分也是Z-9-14:Ac和Z-11-14:Ac。

表1列出了南方两个种群雌蛾释放的性信息素量和两个组分的比例。南方两个种群雌

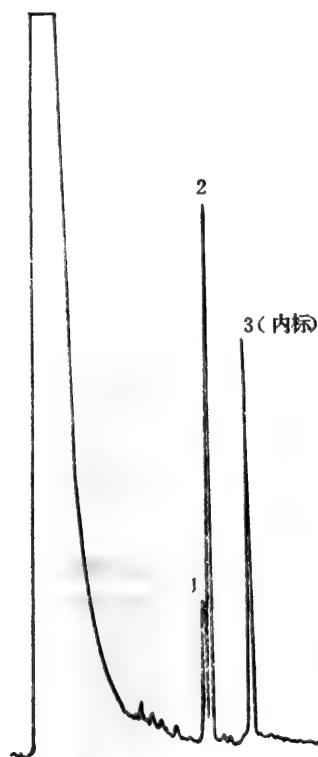


图1 单个棉褐带卷叶蛾性信息素腺体提取液的色谱图
 Fig. 1 GC analysis of the single sex pheromone gland extract of female *A. orana*

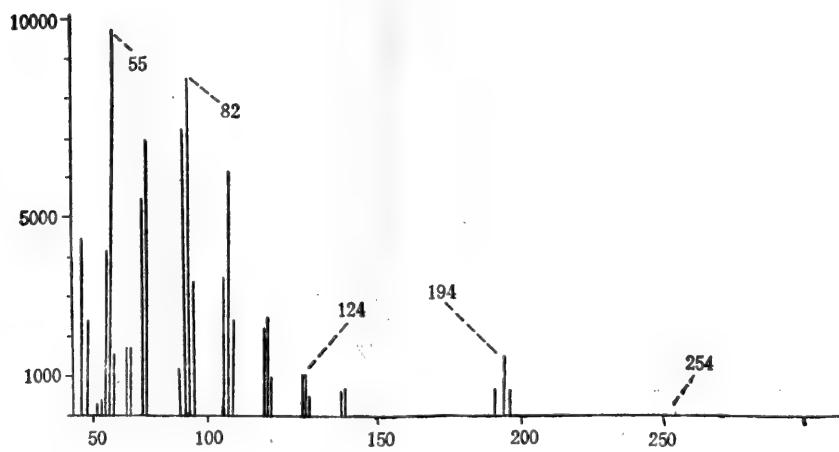


图2 色谱图中1号峰的质谱图
 Fig. 2 Mass spectra of the peak 1 in GC

蛾释放信息素量和两组分比例基本相同, $Z-9-14:Ac$ 与 $Z-11-14:Ac$ 比例均在 25:75 范围内, 这与其它品系的比例显著不同, 也就是说我国南方品系的 $Z-11-14:Ac$ 为主, 而其它品系则以 $Z-9-14:Ac$ 为主。

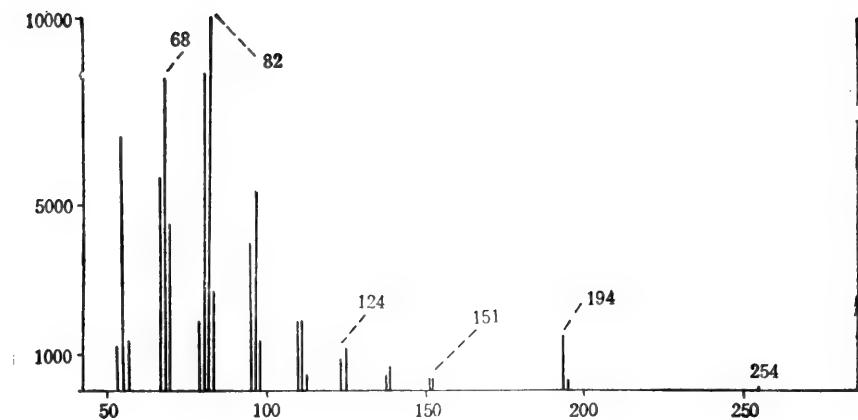


图3 色谱图中2号峰的质谱图
Fig. 3 Mass spectra of the peak 2 in GC

表1 我国南方两个种群性信息素释放率及两组分的比例

Table 1 The release rates and ratios of two components of sex pheromone of two colony of *A. orana* in South China

种群 colony	雌蛾头数 No. of female	释放率 (ng/10min) release rates (ng/10min.)	Z-9-14:Ac: Z-11-14:Ac 的比例 ratios of Z-9-14: Ac: Z-11-14:Ac
安徽广德 Guangde, Anhui	30	3.120±2.948	25.34±8.06 : 74.66±8.06
浙江慈溪 Cixi, Zhejiang	30	3.468±2.668	24.83±6.24 : 75.17±6.24

二、田间诱捕试验结果

我们用合成的 Z-9-14:Ac 和 Z-11-14:Ac 配制不同比例 (1:9、3:7、5:5、7:3、9:1 和 0:0) 的样品，每种比例的样品在同一地区各设 4 个诱捕器，一组试验共设 24 个诱捕器，两组试验同时在安徽和浙江两地进行。田间诱捕试验的结果 (表2) 可以看出安徽广德茶场和浙江慈溪棉田均以 3:7 样品的诱蛾量最多，其次为 1:9 的样品。两地的 3:7 和 1:9 样品的诱蛾量分别占总诱蛾量 67.1% 和 61.5%。而 7:3 或 9:1 的样品的诱蛾量很少，与对照相差无几。这种结果与我们用同样样品在北方果园的诱捕结果正好相反，在北方以 7:3 的样品诱蛾量最高。田间诱捕试验的结果与化学分析的结果一致，说明我国南方品系以不同的性信息素系统维持个体间的性通讯，其雌蛾释放性信息素和雄蛾感受作用均存在种群间的差异。反映棉褐带卷叶蛾可能存在性信息素多态性。

棉褐带卷叶蛾性信息素研究已有众多报道，无论化学分析的结果或者田间诱捕试验的结果都证明性信息素两组分中以 Z-9-14:Ac 为主。最近台湾 Kou 等^[7] 报道台湾品系的性信息素两组分以 Z-11-14:Ac 为主，两组分比例为 36:64。我们对我国南方品系性信息素两组分比例研究的结果与日本、欧洲学者报道的比例正好相反，而与台湾学者报道的比例较接近。某些昆虫性信息素存在多态性的现象已有报道，最典型的例子是欧洲玉米螟 *Ostrinia nubilalis*^[8,9]，美国纽约地区为反式品系，其性信息素系统为 4:96 的 Z-11-14:Ac 和 E-

表 2 不同配比的合成样品的田间诱蛾量

Table 2 The trapping results of male *A. orana* by different ratios of Z-9-14:Ac and Z-11-14:Ac

诱捕地点 Location	诱捕时间 Date	总诱蛾量 Total male catches	Z-9-14:Ac 和 Z-11-14:Ac 不同比例的诱蛾量 No. of male catches in different ratios of Z-9-14:Ac & Z-11-14:Ac					
			0	1:9	3:7	5:5	7:3	9:1
安徽广德 Guangde, Anhui	7.11~9.20	146	4	42	56	30	7	7
浙江慈溪 Cixi, Zhejiang	9.12~9.18	91	5	21	35	16	10	4

11-14:Ac; 而安大略地区为顺式品系, 其性信息素为 97:3 的 Z-11-14:Ac 和 E-11-14:Ac; 衣阿华地区则为混合品系, 性信息素多态性说明昆虫的化学通讯在某些选择压力下在不断演化。至于棉褐带卷叶蛾不同品系性信息素的差异是地理环境的隔离, 还是寄主植物或其它因素的作用而引起的, 我们正在这方面进行深入的研究。

参 考 文 献

- [1] 陈子康等。1990。高纯度苹果小卷叶蛾性信息素的田间活性试验。化学生态物质, 第一期49—50。
- [2] 黄昌本等。1991年。不同世代棉红铃虫性信息素释放率以及两种异构体比例的研究。昆虫学报, 35(3):276~284。
- [3] Tamaki, Y., et al. 1971. Two sex pheromones of the smaller tea tortrix: Isolation, identification and synthesis. *Appl. Entomol. Zool.* **6**: 139—141.
- [4] Meijer, G.M. et al. 1972. Sex pheromones of summerfruit tortrix moth, *Adoxophyes orana*: Two synergistic isomer. *Science*. **175**: 1467—1470.
- [5] Tamaki, Y. et al. 1979. Minor components of the female sex attractant pheromone of the smaller tea tortrix moth: Isolation and identification. *Appl. Entomol. Zool.* **14**: 101—113.
- [6] Guerin, P.M. et al. 1986. Sex pheromones of *Adoxophyes orana*: Additional components and variability in ratio of (Z)-9- and (Z)-11-tetradecyl acetate. *J. Chem. Ecol.*, **12**:763—772.
- [7] Kou, R. et al. 1990. Sex pheromones of female smaller tea tortrix moth, *Adoxophyes* sp. in Taiwan. *J. Chem. Ecol.* **16**: 1409—1415.
- [8] Klun, J.A., and Robinson, J.F. 1971. European corn borer: Sex attractant and sex attraction inhibitors. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **64**: 1083—1086.
- [9] Kochansky, J. et al. 1975. Sex pheromones of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, in New York. *J. Chem. Ecol.* **1**: 225—231.

STUDIES ON SEX PHEROMONE COMPONENTS OF SUMMER FRUIT TORTRIX MOTH, ADOXOPHYES ORANA IN SOUTH CHINA

Fu Wenjun Huang Changben Qiu Honggui Chen Guoming Wu Songyun

(Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica)

He Xian jin

(Andong Station of Agricultural Technique Dissemination, Cixi City, Zhejiang Province)

The summer fruit tortrix, *Adoxophyes orana* Fischer von Röslerstamm, is an important pest of fruit trees, tea and cotton in China. This paper reports studies on

sex pheromone components of two colony of *A. orana* in South China.

The pupae were collected from Cixi city, Zhejiang and Guangde county, Anhui. Then sexed and kept in the cage under natural conditions for emergence. The sex pheromone of calling female was collected by airborn. The capillary GC analysis of single sex pheromone gland extract showed that there are two main peaks (Fig.1). The retention time of peak 1 (15.684 min.) and peak 2 (15.930 min.) coincided with synthetic compounds of Z-9-14:Ac and Z-11-14:Ac respectively. GC-MS analysis indicated that the peak 1 and peak 2 had fragment ions characteristics of Z-9-14:Ac and Z-11-14:Ac (Fig. 2 and Fig. 3). The analytical results of single pheromone glands (N=60) showed that the ratios of two components, Z-9-14:Ac and Z-11-14:Ac, are 24.83 ± 6.24 : 75.17 ± 6.24 from cotton field in Zhejiang; 25.34 ± 8.06 : 74.66 ± 8.06 from tea plantation in Anhui. The ratios of the strains in South China are different from the strains in North China and other countries.

Traps in the field were baited with five kind of ratios of two isomers: 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1. In South China, about 60—70% of males were attracted to the ratios of 3:7 and 1:9. The result of field test was the same as GC analytical results. Thus the occurrence of sex pheromone polymorphism of *A. orana* in China was assumed.

Key words *Adoxophyes orana* sex pheromone precise ratio Z-9-14:Ac
Z-11-14:Ac

环境温度对亚洲玉米螟求偶活动及性信息素释放的影响

杨智化 唐贤汉 杜家纬

(中国科学院上海昆虫研究所)

摘要 环境温度是影响农业害虫种群动态的一个重要的生态因子。本研究结果表明: (1) 温度变化对亚洲玉米螟雌蛾的求偶活动产生明显的影响。环境温度越高, 雌蛾开始求偶的时间越迟, 而求偶的持续时间也越短。求偶高峰期要比正常温度下明显推迟。同时, 当温度降至16℃时, 仅有40%的雌蛾产生求偶行为, 求偶高峰期比正常温度下明显提前; (2)蛹期时的温度变化对亚洲玉米螟雌蛾的求偶启始时间, 持续时间和高峰期均未产生明显的影响; (3)环境温度变化对雌蛾释放性信息素的量产生明显影响。单个亚洲玉米螟性信息素腺体的毛细管色谱定量分析结果表明: 处于21℃下的雌蛾产生的性信息素量最高, 26℃时略低, 而31℃和16℃的雌蛾性信息素释放量仅为21℃时的1/3。蛹期时的温度变化对雌蛾性信息素释放量所产生的影响与上述情况类似; (4) 环境温度变化对雌蛾性信息素异构体组分之比例的影响研究表明当温度为31、26、21、16℃时, 雌蛾所释放的性信息素异构体比例随温度的降低向顺式异构体增加的方向漂移, 其变异系数C. V. 均控制在10%以下。蛹期的温度变化对雌蛾所释放的性信息素异构体比例无甚影响。

关键词 亚洲玉米螟 环境温度 求偶活动 性信息素 释放量 异构体比例

多年来, 昆虫性信息素的研究大多集中在它的一般生物学、化学以及田间应用试验等方面, 而忽略了比较基础的性信息素生态学研究。事实上, 尽管昆虫合成和释放性信息素、交配等行为均由内在的生理因素所决定^[4,5,6,7,14], 但这些行为是否表现, 表现的方式、程度却受光照周期、温度、湿度、风速、化学因素等生态因子的影响 (McNeil & Turgeon, 1981; Webster & Carde, 1982; Conner et al., 1985; Delisle & McNeil, 1986), 从有效防治农业害虫的角度出发, 进行性信息素生态学的研究更具重要性。本研究目的就在于阐述环境温度变化对亚洲玉米螟(*Ostrinia furnacalis* Guenée) 雌蛾的求偶活动和性信息素释放的影响。

材料和方法

一、虫源

亚洲玉米螟系采自山东泰安的老熟越冬幼虫, 并在实验室连续人工饲养。

饲料配方参照《昆虫人工饲料手册》(王延年等编)介绍的亚洲玉米螟实用饲料配方, 幼虫群体饲养, 饲养室温度 26 ± 1 ℃, 光照周期14L: 10D, 相对湿度 $80 \pm 10\%$ 。

二、雌蛾在不同环境温度下的求偶活动观察

雌蛾一经羽化即单个隔离, 隔离装置采用上端蒙以塑料窗纱的马灯罩。该装置放进生化培养箱中, 选取4个不同的温度: 31 ± 0.5 ℃、 26 ± 0.5 ℃、 21 ± 0.5 ℃、 16 ± 0.5 ℃。相对湿度 $85 \pm 10\%$, 光照周期14L: 10D, 光强度750~1000烛光。每一温度下观察雌蛾总数均为30只, 从黑暗期开始每隔30min记录一次正在求偶的雌蛾的数目, 直至所有雌蛾停止求

偶。这期间雌蛾喂以2%的蜜糖水。

雌蛾在黑暗期中求偶高峰期用下列公式计算：

$$\bar{T} = \frac{\sum (T_i \times N_i)}{\sum N_i} \pm S. D.$$

\bar{T} : 黑暗期中求偶高峰期

T_i : 设定的黑暗期(0—10h)中每隔30min一次的观察时间

N_i : 该次观察中所见的Calling的雌蛾个数

三、蛹期不同温度水平处理后的雌蛾求偶活动观察

幼虫一旦化蛹即小心剥出，整个蛹期以上述4个不同的温度水平加以处理，而其他条件保持一致。待羽化后，把单个隔离的雌蛾置于 26 ± 0.5 ℃的生化培养箱中，观察记录方式同前。

四、单个性信息素腺体的毛细管色谱分析

用重蒸的正己烷抽提求偶高峰期中呈现求偶行为的雌蛾性信息素腺体(杜家纬等，1987)。上述正己烷抽提物用毛细管色谱分析的外标法进行定量分析，以DUNCAN'S test检验性信息素顺反异构体比例的差异性。

色谱分析采用HP5880a型带无分流进样器和氢火焰离子化检测器的毛细管色谱仪，并配有4级终端微处理机。石英毛细管柱：HP-17 25m×0.2mm，操作条件：100~200℃程序升温，升温速率10℃/min，起始温度保持2min后开始程序升温。以氮气为载气，进样口温度220℃，检测器温度250℃

结果和讨论

一、不同环境温度下雌蛾求偶活动的观察结果

不同温度下雌蛾求偶百分数的时间累积图如图1。

结果表明：环境温度变化对亚洲玉米螟雌蛾的求偶活动产生明显的影响。

1. 环境温度越低，雌蛾开始求偶活动就越早。31℃下，雌蛾在黑暗7h后才开始求偶，26℃、21℃下，雌蛾开始求偶的时间逐渐提前，当温度低至16℃时，黑暗0.5h后，雌蛾就开始求偶。

2. 31、26、21、16℃下，雌蛾求偶高峰期分别为 9.10 ± 0.78 h、 8.21 ± 1.38 h、**6.50**
 ± 2.37 h、 5.86 ± 2.49 h。随温度的下降，求偶高峰期明显提前。

3. 环境温度越低，求偶高峰期持续得越长。

4. 31、26、21℃下，求偶百分数接近或达到100%，而当温度低至16℃时，仅有40%的雌蛾呈现求偶活动。

二、蛹期不同温度水平处理后，雌蛾求偶活动的观察结果

求偶百分数的时间累积图如图2。

结果表明蛹期的温度变化对亚洲玉米螟开始求偶活动的时间，高峰期出现的时间以及持续时间均未产生明显的影响。

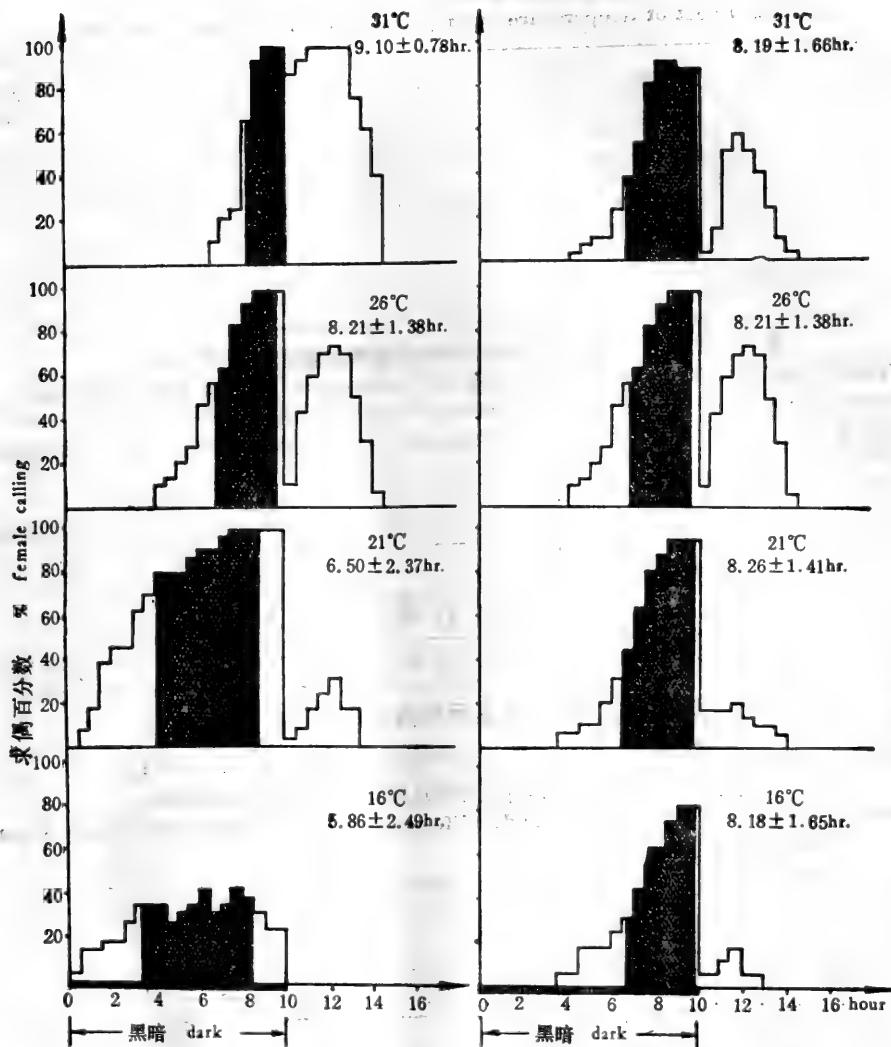


图1 环境温度对亚洲玉米螟雌蛾求偶活动的影响

Fig. 1 Effect of temperature during adult life on calling behaviour of virgin Asian Corn Borer females

图2 蛹期时的温度变化对羽化后的亚洲玉米螟雌蛾求偶活动的影响

Fig. 2 Effect of temperature during pupal development on calling behaviour of virgin Asian Corn Borer females

三、环境温度对亚洲玉米螟性信息素释放量的影响

环境温度对亚洲玉米螟雌蛾性信息素释放量产生明显的影响。每组20头雌蛾的单腺体毛细管色谱定量分析结果表明：21℃时释放量最大，为 $10.66 \pm 5.17 \text{ ng/♀}$ ，26℃次之，而31℃和16℃时，大约仅有21℃时的1/3。结果见表1。

蛹期时的温度变化对羽化后雌蛾性信息素释放量影响的毛细管色谱定量分析结果类似于上述环境温度对雌蛾的影响。见表2。

表 1 环境温度对亚洲玉米螟雌性信息素释放量的影响(N=20)
Table 1 Effect of temperature during adult life on sex pheromone titre

环境温度 temperature ℃	14:Ac (ng)	E-12-14:Ac (ng)	Z-12-14:Ac (ng)	$\bar{X} \pm S.D.$ (ng)
31	0.87±0.376	1.21±0.641	1.48±0.756	1.53±1.71
26	1.93±0.89	3.20±1.24	4.05±1.51	9.11±3.51
21	1.91±0.98	3.49±1.63	5.26±2.70	10.66±5.17
16	0.796±0.603	1.24±1.03	2.15±1.65	4.30±3.22

表 2 蛹期时的温度变化对雌蛾性信息素释放量的影响(N=20)
Table 2 Effect of temperature during pupal development on sex pheromone titre

环境温度(℃) temperature	14:Ac (ng)	E-12-14:Ac (ng)	Z-12-14:Ac (ng)	$\bar{X} \pm S.D.$ (ng)
31	1.08±0.88	1.66±1.04	2.16±1.24	4.89±3.08
26	1.93±0.89	3.20±1.24	4.05±1.51	9.11±3.51
21	1.35±1.45	2.36±2.60	3.01±3.10	6.77±7.08
16	0.903±1.36	1.36±1.98	1.64±1.99	4.06±5.25

四、环境温度对亚洲玉米螟性信息素顺反异构体比例的影响

雌蛾在不同温度下释放性信息素顺反异构体比例的测定结果见表 3。

表 3 环境温度对雌蛾释放性信息素顺反异构体比例的影响
Table 3 Effect of temperature during adult life on sex pheromone E/(E+Z) ratio of Asian
Corn Borer females

环境温度 temperature	31℃	26℃	21℃	16℃
E/(E+Z)	0.444a	0.438ab	0.401bc	0.374c
C. V. %	6.7	4.3	4.1	8.4

经 DUNCAN'S test 作差异性检验。结果表明：当环境温度变化时，雌蛾所释放的性信息素顺反异构体比例随温度的降低向顺式异构体增加的方向漂移，将所得实验数据按百分率开方的反正弦转换，计算各温度组中性信息素通讯系统的变异系数，发现其 C. V. 值均控制在10%以下。

蛹期的温度变化对雌蛾释放的性信息素顺反异构体比例无甚影响，见表 4。

表 4 蛹期温度变化对雌蛾释放性信息素顺反异构体比例的影响
Table 4 Effect of temperature during pupal development on sex pheromone E/(E+Z) ratio
of Asian Corn Borer females

环境温度 temperature	31℃	26℃	21℃	16℃
E/(E+Z)	0.428a	0.438a	0.436a	0.435a
C. V. %	5.6	4.3	7.0	7.2

基于上述实验结果,环境温度对亚洲玉米螟求偶活动的影响主要在于成蛾期,而蛹发育过程中温度的改变对羽化后雌蛾的求偶活动影响甚微,但是,这两种情形都影响着性信息素的释放量。

雌蛾在21℃和26℃时具有较高的性信息素释放量,这是因为21~26℃正是自然界中雌蛾求偶活动进入高峰期时大约的夜间平均气温。这种特征是性信息素通讯系统长期进化而适应环境的结果。另外,亚洲玉米螟性信息素腺体的发育主要在蛹期,因而蛹发育过程中的温度变化势必影响着羽化后雌蛾的性信息素腺体的成熟程度,从而成为影响性信息素释放量的可能机理之一。

亚洲玉米螟通讯系统的特异性由E-12-14:Ac 和 Z-12-14:Ac 的精确比例来决定 (E/Z 均值 $\bar{X} = 43.5 \pm 7.2$ E 杜家纬等1986)。研究结果表明各温度组的变差系数 C. V. 值均控制在10%以下,这与Lambert和Levey(1979)发现的同种昆虫个体间的化学通讯信号和接受体具有狭窄的变异(变差系统为10%)的结果是一致的。同时,性信息素顺反异构体的比例随环境温度的不同而有所变化,推测这种变化可能是引起田间诱捕试验中相同诱芯在诱捕不同世代雄蛾时出现不同的诱捕效能的可能原因之一。有关环境温度变化对雌蛾性信息素顺反异构体比例所产生的影响之原因将进一步作深入的研究。

参 考 文 献

- 【1】杜家纬等。1986。亚洲玉米螟性信息素组分精确比例的研究,昆虫学研究集刊,第六集,17—22。上海科学技术出版社。
- 【2】杜家纬。1986。昆虫信息素及其应用,pp.19—24, pp.87—98。中国林业出版社。
- 【3】杜家纬等。1987。水稻三化螟性信息素的研究II,化学结构鉴定和田间诱捕试验。中国科学, B辑7:718—723。
- 【4】Baker T.C. and Carde R.T. 1979. Endogenous and exogenous factors affecting periodicities of female calling and male sex pheromone response in *Grapholita molesta* (Busck). *J. Insect Physiol.* **25**, 943—950.
- 【5】Carde, R.T., A., Baker, T.C. & Roelofs, W.L. (1975). Moth mating periodicity: Temperature regulates the circadian gate. *experientia* **31**: 46—48.
- 【6】Carde, R.T., & Roelofs, W.L. (1973). Temperature modification of male sex pheromone response and factors affecting female calling in *Holomelina immaculata* (Lepidoptera: Arctiidae). *Can. Ent.* **105**: 1505—1512.
- 【7】Castrillo, P.J. & Carde, R.T. (1979). Environmental regulation of female calling and male pheromone response periodicities in the codling moth (*Laspeyresia pomonella*). *J. Insect Physiol.* **25**: 659—667.
- 【8】Conner, et al. (1985). Calling behaviour in arctiid moths: The effects of temperature and wind speed on the rhythmic exposure of the sex attractant gland. *J. Insect Physiol.* **31** (10): 815—820.
- 【9】J.N. McNeil and J.J. Turgeon. 1981. Pheromone biology in the population dynamics of *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: noctuidae), a sporadic pest., *Les Médiateurs chimiques*, versailles, 16—20 nov. 1981.
- 【10】Johanne Delisle and Jeremy N. McNeil. 1987. Calling behaviour and pheromone titre of the True Armyworm *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: noctuidae), under different temperature and photoperiodic conditions. *J. Insect Physiol.* **33**(5): 315—324.
- 【11】Johanne Delisle & Jeremy N. McNeil. 1986. The effect of photoperiod on the calling behaviour of virgin females of the True Armyworm, *Pseudaletia Unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: Noctuidae) *J. Insect Physiol.* **32**(3): 199—206.
- 【12】Kaae, R.S. & Shorey, H.H. (1972). Sex pheromones of noctuid moths. XXVII. Influence of wind velocity on sex pheromone releasing behavior of *Trichoplusia ni* females. *Ann. Ent. Soc. Am.* **65**: 436—440.
- 【13】Lambert D.M. and Levey B., 1979. The use of discriminant function analysis to investigate the design features of specific male recognition system. *Proc. Zool. S. Afr. Symp. on Animal Communications*. Cape Town, September 1979.
- 【14】Sower, et al. (1971). Sex pheromones of noctuid moths. XXV. Effects of temperature and photoperiod on circadian rhythms of sex pheromone release by females of *Trichoplusia ni*. *Ann. Ent. Soc. Am.* **64**: 188—192.

[15] Webster & Cardé. Relationships among pheromone titre calling and age in the omnivorous leafroller moth (*Platynota Stultana*). *J. Insect Physiol.* 28(11): 925—933.

THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL TEMPERATURE ON CALLING BEHAVIOUR AND SEX PHEROMONE RELEASE OF THE ASIAN CORN BORER, *OSTRINIA FURNACALIS* (GUENEÉ)

Yang Zhihua Tang Xianhan Du Jiawei

(*Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica*)

The effect of environmental temperature on calling behaviour and sex pheromone release of *Ostrinia furnacalis* (Guenee) was studied both during adult life and pupal development at 16°C, 21°C, 26°C and 31°C. The results showed different temperature during adult life affected significantly the calling behaviour of virgin females. There was a considerable variability in the calling patterns among the different temperature groups, the higher the temperature was, the later females called, the shorter the calling behaviour lasted. However, when we examined the effect of temperature during pupal development on calling behaviour, no significant difference was found.

The results of GC quantitative analysis by using single sex pheromone gland analytical technique showed: temperature conditions during adult life affected significantly not only the pheromone titre but also the geometric isomer ratio (E / Z). The sex pheromone titre released by females at 31°C or 16°C was almost only 1 / 3 of that released by females at 21°C. Meanwhile, the E / Z was changed with the temperature, that is Z isomer increased significantly while the temperature decreased from 31°C to 16°C, as well as the C. V. was perfectly controlled under 10%.

When studied the effect of temperature on sex pheromone titre during pupal development, a similar result was gained, but there was no significant difference among those geometric isomer ratios.

Key words Asian Corn Borer *Ostrinia furnacalis* (Guenee) temperature calling behaviour sex pheromone titre geometric isomer ratio

大豆食心虫性诱剂应用研究初报

杜俊岭 赵晓丽 李尧

(黑龙江省农科院植保所)

摘要 本文报道了利用大豆食心虫性诱剂对大豆食心虫的发生与数量消长观测，成虫习性、诱杀防治的试验结果。由此可为大豆食心虫的综合防治提供一条新的途径。

关键词 大豆食心虫 性诱剂

前 言

昆虫性诱剂的研究与应用，是近年来比较活跃的领域，并且取得了发展。近几年，长春应用化学研究所等单位对大豆食心虫的性信息素进行了化学结构和合成的研究，确定其性信息素为多种成分的混合物。并通过触角电位技术筛选出 $E_{10}-12:Ac(A)$ 、 $E_8E_{10}-12:Ac(B)$ 和 $E_7Z_9-12:Ac(C)$ ($A:B:C$ 为 5:2:1)。三组份性诱剂有较高的活性。我所利用性诱剂对大豆食心虫的发生与数量消长、活动习性和诱杀防治进行了田间应用试验。

材料与方法

大豆食心虫 [*Leguminivora glycinivorella* (Mats)] 性诱剂诱芯由长春应用化学研究所提供。诱芯的设置方法是将诱捕盆放在三角架上置于大豆田里，盆径 27cm，盆内放满水并放 2g 左右洗衣粉，然后将性诱剂诱芯用铁丝串好固定在水盆上面，使诱芯距盆内水面 1cm，诱捕盆高出豆株顶部 10cm 左右。发生与数量消长观测从 8 月 1 日设诱捕盆，至 8 月 25 日止。每天上午将诱来的雄蛾进行记载和清理，并补充盆内的水，使其保持满盆。成虫习性观察是在一天内进行的，每小时观察记载一次，夜间不定时观察。防治试验是从成虫初发生时开始，至末期结束（即 8 月 3 日至 30 日），每亩设 3 个诱捕器，诱捕器相互距离 20m。

结 果 与 分 析

一、发生与数量消长观测

从 8 月 1 日设盆至 8 月 25 日进行诱测，同时与现行的惊蛾目测查蛾法对比调查，结果如图 1。

从图中看出：①大豆食心虫性诱剂能够诱来大量雄蛾，诱蛾效果较好。②诱蛾数量的消长与普通观察（目测）蛾量消长趋势基本一致，即 8 月初出现，8 月 10 日至 14 日为盛蛾期，8 月底结束。但是，诱蛾量比目测蛾量要大很多。从蛾盛期（8 月 10—14 日）来看，

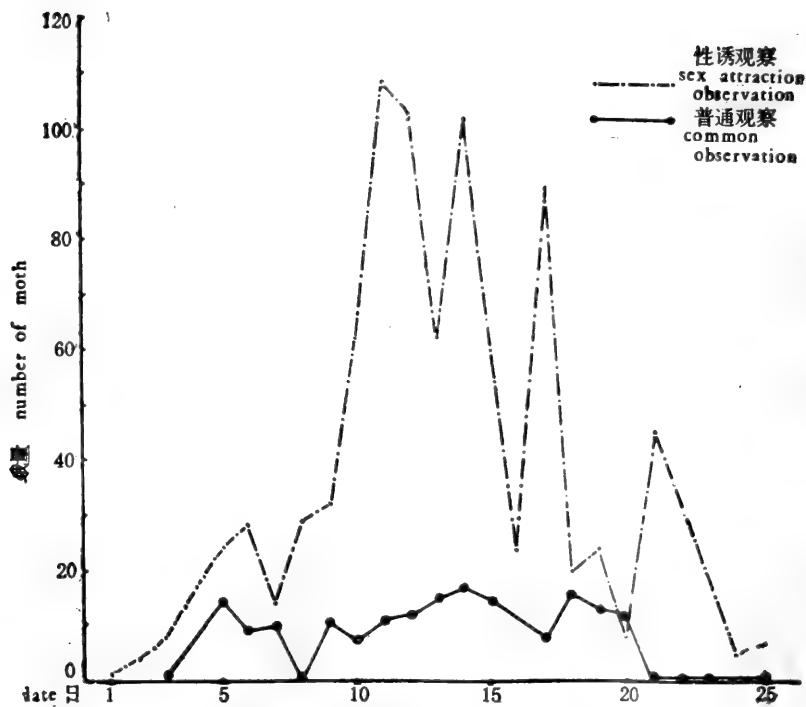


图1 大豆食心虫性诱观测数量消长(哈尔滨, 1987年)

Fig. 1 The growth and decline of sexual attractant number of soybean pod borer (Harbin 1987)

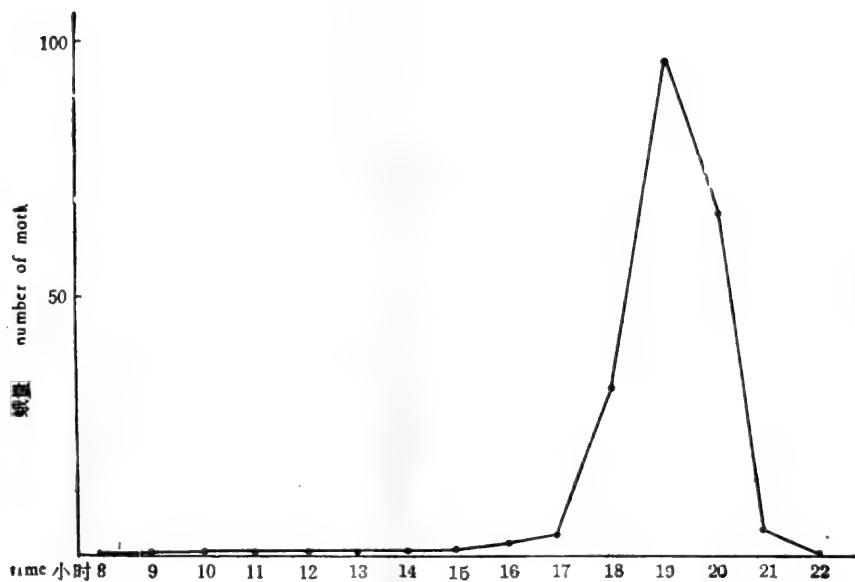


图2 大豆食心虫成虫一天内活动规律(哈尔滨, 1990年)

Fig. 2 The act regularity of the adult of soybean pod borer during a day (Harbin 1990)

5d 诱集雄蛾437头，而百米目测累计蛾量仅有 63 头（雌、雄合计）。另据发蛾盛期性比调查，雌、雄性比为雌:雄=0.45:0.55，以此推算，目测到的雄蛾量仅有35头，诱蛾量为目测蛾量的12倍。所以，用性诱法观察蛾量消长比目测法更明显、准确。③性诱剂测蛾方法简便、灵敏度高。表现在诱见蛾早，比目测早2 d；终止的晚，目测8月21日后即看不到蛾，而性诱剂8月25日仍能诱到。由此说明，利用性诱剂观察田间蛾量，可以代表田间蛾量的消长，从而有可能用性诱的方法取代目测的调查方法。

二、成虫活动习性观察

大豆食心虫的成虫在一天中的活动习性是不同的。过去只有活动与不活动的粗略概念，对于具体活动情况不清楚，因此在目测调查时往往差异较大。1990年利用性诱剂对大豆食心虫成虫活动规律进行了详细观察，结果如下图2。

从图2看出，大豆食心虫的成虫在不受惊扰的自然情况下，白天8:00—15:00不活动，15:00—17:00活动很少，17:00后明显增多，18:00后进入活动盛期，19:00达到高峰，并出现集团飞翔、追逐交尾等现象，一直到20:00。此后太阳落山，黄昏来临，活动随之显著下降，到21:00基本停止活动；夜间和早晨静止不动。因此，在目测观察大豆食心虫田间蛾量时，应在19:00左右进行，才能比较准确地反映蛾量实际情况，否则会影响调查的准确性（注：以上时间系指北京夏令时）。

三、防治试验

大豆食心虫发生时，在孤立的 2666.7m^2 大豆田里进行了防治试验，每 666.7m^2 设诱捕器3个，每个诱芯剂量为 $50\mu\text{g}$ 。另在300m以外选对照田一块，其栽培、管理条件与试验田相似。从诱杀结果看出，性诱剂对大豆食心虫雄蛾有很强的引诱力，设置的当天（8月3日），单诱捕器诱蛾量最多达396头，最少的60头，平均每个诱捕器诱蛾151.6头，在设诱捕器的25 d内，共诱杀雄蛾8,534头，明显看出田间雄蛾逐渐减少的趋势，如图3。

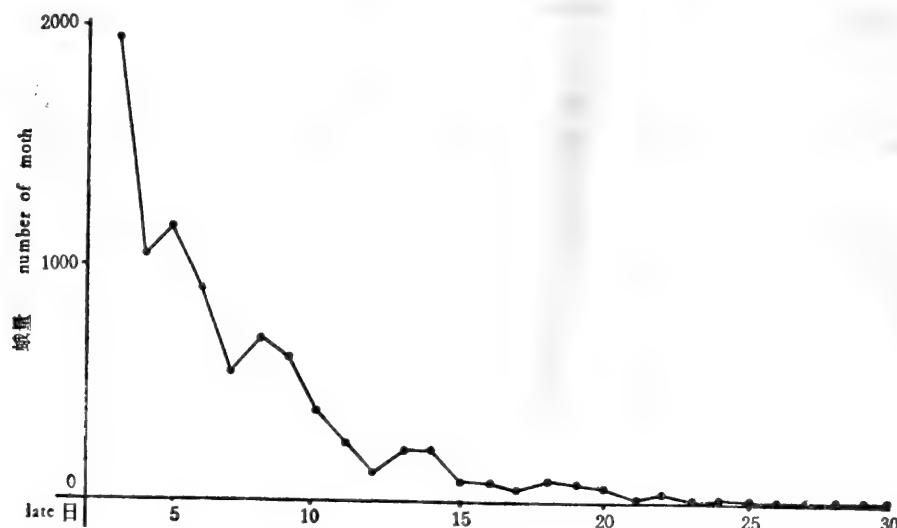


图3 利用性诱防治雄蛾数量消减趋势(哈尔滨，1990年)

Fig. 3 The number decline trend using the sexual attractant to control the male moth (Harbin, 1990)

另外，在8月7日、10日、12日和15日分别对试验田与对照田进行4次网扑蛾量观察，试验田的雌、雄比例为14:1，而对照田的雌、雄比为9:11，由此说明试验田内的雄蛾因被诱杀而显著减少，明显低于对照田内雄蛾量，造成比例失调，使豆田内雌蛾交配率下降，子代的虫量也就减少，因而虫食率明显降低。秋收时调查，防治田虫食率为7.9%，对照田为13.6%，防治效果41.9%，如下表1。

表1 大豆食心虫性诱剂防治效果

Table 1 The effect of using the sexual attractant to control Soybean bud borer

1990 哈尔滨 Harbin

处理 treatment	调查点数 spots observed	调查面积(m ²) area observed	虫食粒数(个) total of bitting	健粒数(个) total of good seed	总粒数(个) sum	平均虫食率(%) average rate of biting(%)	防治效果(%) control effect(%)
防治田 control field	10	10	1103	12597	13700	7.9	41.9
对照田 ck	10	10	1174	7376	8550	13.6	—

从表中看出：在豆田内单独使用微量的性诱剂进行诱杀防治，就能收到较好的防治效果，而且使用方法简单，无农药污染，又保护了天敌。由此说明，利用性诱剂防治大豆食心虫，是一条工省效宏的新途径，很有利用和发展的前途。

小 结

1. 据多年观察，大豆食心虫在一个地区的雌、雄性比接近1:1，而不论当年蛾量发生的多少，其性比总是接近的。这样就可以根据诱到的雄蛾数量估测雌蛾数量及其总量；同时也可以观测大豆食心虫的始、盛、末期。所以，经过资料积累，利用性诱剂对大豆食心虫进行短期预测预报，是切实可行而又比较准确的方法。

2. 利用性诱剂观察大豆食心虫的田间活动习性，既方便又灵敏度高，能准确地看出大豆食心虫受生物钟控制的活动情况，以便指导我们调查工作的正确进行。

3. 用性诱剂进行诱杀防治大豆食心虫是可行的，如果大面积连片使用效果会更好。因为大豆食心虫有以下特点：①食性单一。在农作物中只为害大豆，其野生寄主中只有野生大豆，而野生大豆在很多地区是极少的，甚至根本就没有。因此，在发生时大豆食心虫的成虫都集中在大豆田里，这样在数量上是集中的。②发生时间短。大豆食心虫在国内各地都是一年发生一代，而且成虫从开始出现到末期只有一个月左右，盛蛾期只有7d左右，这样在时间上也是集中的。根据以上有利条件，利用性诱剂防治大豆食心虫是有效途径之一，更具有专化性强、能保护天敌、不污染环境等优点，可同时收到良好的经济效益和社会效益。所以，具有广阔的发展前途。

参考文献

- [1] 杜家纬。昆虫信息素及其应用。中国林业出版社，1988年：133—166。
- [2] 杜俊岭。大豆食心虫及其防治。黑龙江人民出版社，1974年7—25。
- [3] 徐建伟等。大豆食心虫性诱剂触角电位筛选及田间试验初报。化学生态物质，1991年2期102—104。

THE PRELIMINARY STUDIES ON CONTROL OF SOYBEAN POD BORER BY USING SEX ATTRACTANT

Du Zhunling Zhao Xiaoli Li Yao

(Plant Protection Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences)

The experimental results on monitoring of the occurrence, growth and decline of the population, and attraction-annihilation by using sex attractant of soybean pod borer are reported in this paper. The results of field tests show that sex attraction soybean pod borer is an effective monitoring and controlling tool for this species.

Key words Soybean Pod Borer Sex Attractant

梨大食心虫性信息素的化学结构测定

孔繁蕾 胡兴华 徐建伟

(江苏省激素研究所)

摘要 采用 TLC、EAG 和 GC-MS 等分析方法, 从梨大食心虫雌蛾腹尖提取物中, 分离和鉴定出性信息素为顺-9-十六碳烯醇乙酸酯。EAG 试验证明, 天然提取物和合成样品均有生物活性。

关键词 梨大食心虫 性信息素 顺-9-十六碳烯醇乙酸酯

梨大食心虫(*Eurhodope Pirivorella* Matsumura)是世界性果园害虫, 在我国也广泛分布。该虫不仅危害花蕾, 而且钻入嫩果危害。所以杀虫剂和其它防治方法难以奏效, 迄今该虫的性信息素结构鉴定未见报道。我们采用触角电位(EAG)技术和气相色谱—质谱联用鉴定出梨大食心虫的性信息素化学结构。

材料和方法

一、提取物的制备

6月16日~26日, 从田间采集被危害的梨子置于实验室纱笼内, 在室温24~30℃下化蛹后任其自然羽化。同一天羽化的雌蛾放入一个纱笼里, 羽化后的第三天夜间9点钟出现“召唤”现象时, 用手指挤压雌蛾腹部, 剪下腹尖, 在色谱纯的正庚烷中浸泡6h而得提取物。

二、薄层色谱

用上海药物研究所生产的硅胶薄板(25×75mm), 展开剂为4:1的正己烷和无水乙醚, 洗脱剂为处理过的丙酮。

三、色—质谱

采用 Finnigan MAT-4510 型色—质联用仪, 电子轰击源(EI)能量 70 eV。化学电离(CI), 反应气为甲烷。色谱柱 A-石英毛细管(30m×0.6mm 内径), 固定液 SE-54, 初温 100℃, 恒温 3min 然后按8℃/分程序升温到180℃, 恒温 10min; 色谱柱 B-石英毛细管(25m×0.2mm 内径), 固定液 PEG-20M, 恒温145℃。

四、生物试验

EAG 测定仪本所自制, 采用 Ag/AgCl 电极。

结果和讨论

一、提取物的分离和活性馏份确定

腹尖提取物 20FE 经 TLC 分离后，分 5 部分截取，把各段洗脱馏份进行 EAG 测定。 R_f 值在 0.6~0.8 范围内的硅胶洗脱物馏份的活性最高，EAG 电位反应为 1.7mV，其 R_f 值与长碳链乙酸酯类标样化合物落在同一范围内。其它洗脱馏分，包括 R_f 值 0.1~0.23 的醇类馏分，均未显示出明显的活性反应。

二、酯类活性馏分结构的确定

TLC 分离的酯类活性馏份的总离子流色谱图在 B 柱上展现一个目标峰，保留时间 7 min 38s, CI, m/Z:283(MH^+) 和 223(MH^+-CH_3COOH) (如图 1)。在 A 柱上目标峰保留时间 15min1s, EI, m/Z:222(M^+-CH_3COOH), 194($C_{14}H_{26}^+$), 180($C_{13}H_{24}^+$), 166($C_{12}H_{22}^+$), 152($C_{11}H_{20}^+$), 124($C_9H_{16}^+$), 110($C_8H_{14}^+$), 96($C_7H_{12}^+$), 61($CH_3COOH_2^+$) 和 43 (如图 2)。

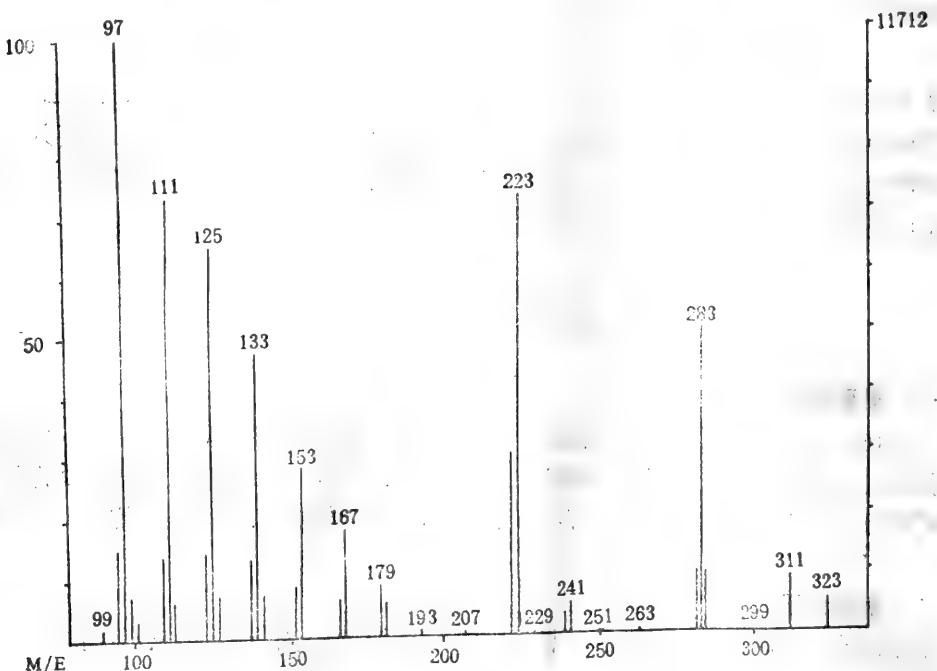


图1 雌蛾腹尖提取物 TLC 分离酯类活性组份 CI 质谱图

Fig. 1 Chemical ionization mass spectrum of the active acetate fraction from TLC separation of the pheromone gland extract of virgin females

上述离子特征与文献^[1]报道的十六碳烯醇乙酸酯的质谱碎片离子一样。因此质谱证明酯类活性馏分为十六碳烯醇乙酸酯。

三、双键位置的确定

Leonhardt 等人^[2]研究了直链 $C_{12} \sim C_{18}$ 单烯醇及其乙酸酯的各种双键位置异构体的电

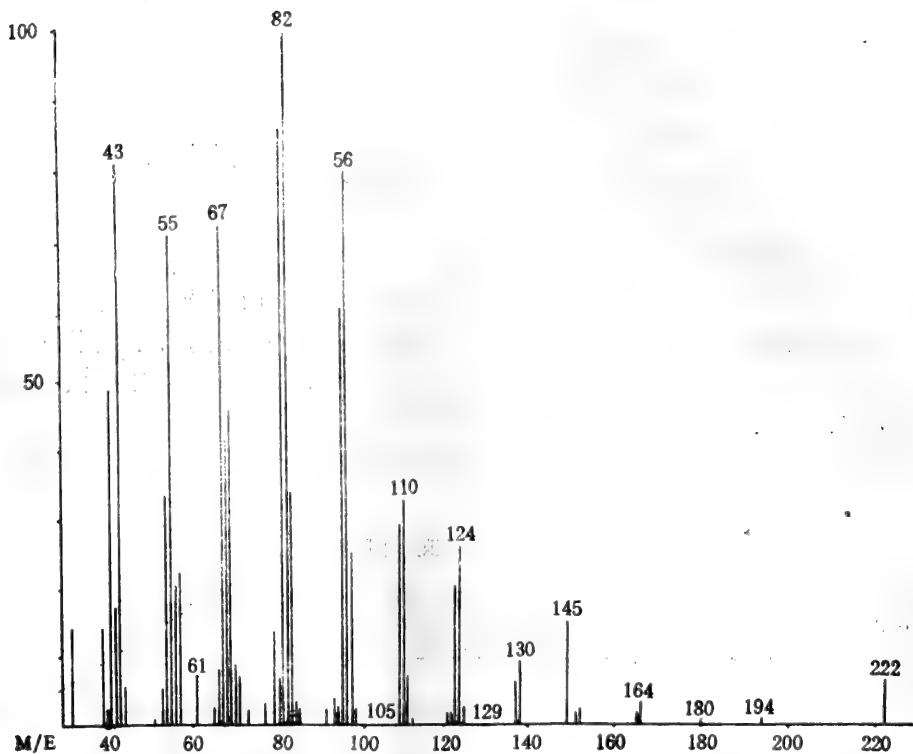


图2 雌蛾腹尖提取物 TLC 分离酯类活性组份 EI 质谱图

Fig. 2 Electromagnetic impact mass spectrum of the active acetate fraction from TLC separation of the pheromone gland extract of virgin females

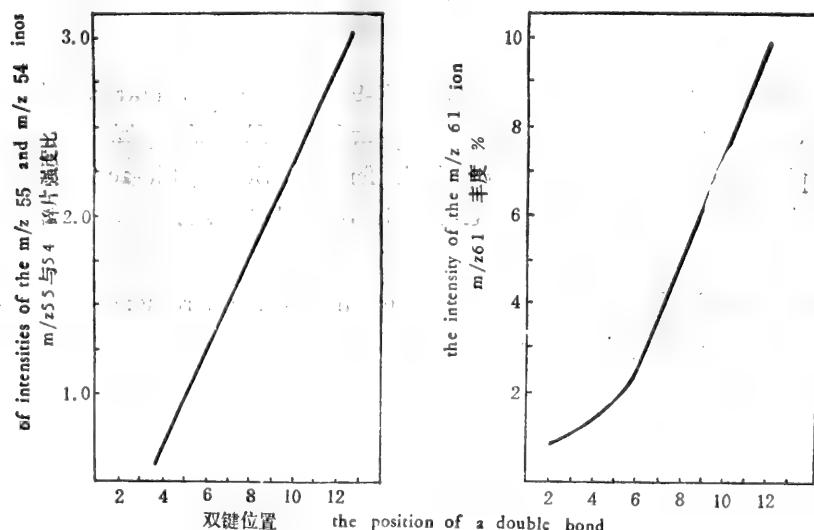


图3 $m/Z 55$ 与 $m/Z 54$ 碎片强度比值和 $m/Z 61$ 碎片强度值随单一不饱和乙酸酯的双键位置的变化^[3]

Fig. 3 The ratio of intensities of the $m/z 55$ and $m/z 54$ ions changes with the double bond is moved away from the acetate or alcohol functional group^[3]

子撞击质谱,发现在同类异构体的 m/Z_{55} 比 m/Z_{54} 的强度比值和 m/Z_{61} 的强度值随着双键位置远离官能团而正比例增加。因此, Leonhardt 等人认为, 只要利用质谱的三个离子强度, 就可以直接确定 $C_{12} \sim C_{18}$ 单烯醇及其乙酸酯的双键位置。梨大食心虫酯类活性馏份的质谱图中 $m/Z_{55}(72\%)$ 与 $m/Z_{54}(34\%)$ 之比值和 $m/Z_{61}(7.4\%)$ 强度值, 与9-十六碳烯醇乙酸酯(9-16AC)的文献值(图3)十分吻合。因此, 采用 Leonhardt 方法, 可以确定十六碳烯醇乙酸酯的双键位置9位。

四、双键构型的确定

我们采用 EAC 测定^[3]确定双键位置的几何构型, 梨大食心虫雄蛾触角待合样品 Z9-16:Ac 的反应值大于 E9-16:Ac 的反应值。例如: 在 10ng 水平, Z 式异构体和 E 式异构式的 EAG 反应值分别为 1.0 和 0.3mV, 在 100ng 水平, Z 式异构式和 E 式的 EAG 反应值分别为 1.5 和 0.7mV。因此确定双键构型为顺式。

上述实验结果表明: 梨大食心虫性信息素的主要成份为顺-9-十六碳烯醇乙酸酯。

参 考 文 献

- [1] 孔繁蕾、于生棣、于永庆、胡新华、徐建伟、朱平仇。有机化学, 1990, 258-60。
- [2] Leonhardt B A, Devilhiss E D, Klum: Org Mass Spectr, 1983, 18, 9-11.
- [3] Neshitt B E, Beevor P S et al: J. Insect Physiol, 21: (12) 1883-6.

IDENTIFICATION OF THE SEX PHEROMONE OF LARGE PEAR BORER, EURHODOPE PIRIVORELLA MATSUMURA

Kong Fanlei Hu Xinhua Xu Jianwei

(Jiangsu Institute of Economes, 213200, Jintan)

By means of TLC, EAG and GC-MS, (Z)-9-hexadecenyl acetate was isolated and identified as the sex pheromone of the large pear borer, *Eurhodope pirivorella Matsumura*, from the pheromone gland extract of virgin females, Strong bio-activity was shown by synthetic chemicals and natural extract in the EAG tests.

Key words *Eurhodope pirivorella* Matsumura sex pheromone (Z)-9-hexadecenyl acetate

核桃举肢蛾性行为及性诱剂研究初报*

王 瑞 李青森 郭贵明

(山西省农科院植物保护研究所)

伍德明 阎云花 崔君荣

(中国科学院动物研究所)

摘要 自1987年以来,我们对核桃举肢蛾的性行为反应、性信息素释放的时间节律及性诱剂进行了观察和试验。该虫羽化后24h以上性成熟;婚飞和交配的活动时间为下午5时至9时;雌虫释放性信息素的高峰在下午6时至8时。交配历时可长达120min。因此我们将提取性信息素的时间定为下午7时至9时。经对雌蛾的解剖观察,发现该虫为多次交配性昆虫,雌蛾一生交配2~3次,最多可交配6次。经触角电位技术对80种标样化合物测定,8种化合物的触角电位(EAG)活性较高。又经田间诱蛾试验,证实其中顺-8-十三碳烯醇醋酸酯(Z-8-13:Ac)与顺-9-十六碳烯醇(Z-9-16:OH),是核桃举肢蛾性诱剂的成分。

关键词 核桃 核桃举肢蛾 性行为 触角电位 性诱剂

核桃举肢蛾(*Atrijuglans hetaohei* Yang),俗称“核桃黑”,是专门为害核桃果实的一种蛀果性大害虫^[1,4],在我国核桃产区均有分布。当前在山西、陕西、河北等省的危害十分严重,使核桃的产量和质量大幅度下降,直接影响了出口创汇和市场需要,造成了重大的经济损失,成为核桃生产中的一大障碍。关于核桃举肢蛾的防治研究,过去曾有一些报道^[2],并收到了一定的防治效果。而有关该虫的性行为和性信息素的研究,迄今国内外还未见有报道。昆虫性信息素是超微量、高生理活性的化学信使,它影响和控制昆虫的行为。人们利用其测报,指导防治;大量诱捕,歼灭成虫;干扰信息,减少交配,达到防治的目的。应用其治虫具有很大的社会生态效益和经济效益。据此,我们从1987年以来,对核桃举肢蛾的性行为活动进行了观察,同时对其性信息素进行了提取,并经触角电位技术对80种标样化合物进行测定,又经过田间诱蛾试验筛选。发现了核桃举肢蛾性诱剂的主要成分。

材料和方法

一、供试材料

供试成虫 每年早春表土解冻后,由田间核桃树冠下的土壤中,采集越冬的核桃举肢蛾虫茧。经室内饲养和田间发蛾高峰期人工捕捉所得。

诱捕器和诱芯 采用三角形粘胶诱捕器,诱芯为北京市顺义橡胶厂生产的红反口小橡皮塞。

*山西省科委科学基金资助项目。

粘虫胶 美国进口。

二、试验方法

将田间采集的核桃举肢蛾越冬虫茧，带回室内，置于瓦楞纸折内，放在花盆内的土上，经常保持花盆内的土壤湿润。为防止瓦楞纸与花盆内的土壤直接接触，引起虫茧霉烂，中间隔一层纱网。再将带有虫茧的花盆置于温度为25℃、相对湿度85%左右的昆虫饲养室内进行饲养。当成虫羽化后，每天上午收集成虫，将其转移到放有瓶插核桃枝叶的养虫笼中。以观察其成虫性行为活动的时间节律，和供剪尾提取性信息素及触角电位技术测定之用。

将饲养羽化后24h以上和田间人工捕捉的雌成虫，于每天下午7时至9时剪尾提取性信息素。提取部位以核桃举肢蛾雌成虫腹部末端三节为好，分别浸泡于正己烷、庚烷、二氯甲烷、丙酮和乙醚等有机溶剂中，进行提取比较。触角电位技术的试验方法，如同以前的报道^[3]。

田间诱蛾试验均采用涂蜡硬纸三角形诱捕器，底面涂粘虫胶，用细铁丝将诱芯挂在诱捕器的中央，距底面1~2cm。将诱捕器挂于核桃树上，高度为1.5~2m，间距10m以上。每天早上检查诱蛾结果，观察不同化合物诱捕器的诱蛾活性。以不挂诱芯的空诱捕器为对照，先后对活雌蛾、粗提物和各种不同的化合物进行了田间诱蛾比较试验。

结果与分析

一、成虫性行为活动时间节律的观察结果

通过1990年和1991年在室内饲养成虫的观察，和1987年以来在野外的观察结果表明，在一天当中，除下午5时至9时，成虫进行婚飞、交配活动外，其余时间大部分成虫都在核桃叶背面，或树冠下的杂草丛中静止不动。性行为活动的婚飞、交配高峰为下午6时至8时，当雌蛾在核桃叶、果上爬行、飞舞、尾部上下颤动，尾尖伸缩时，雄蛾即做出振翅，伸出触角和举起后肢来回转动爬行，并伸出抱器，到处婚飞，做出企图交配的动作，处于高度的性兴奋状态(结果见图1)。与此同时，还观察到当天羽化的成虫，傍晚就表现出性活动现象，但不强烈，若到第二天晚上观察时，性活动现象就明显加强。从而表明成虫在羽化后24h以上性成熟。

二、雌蛾交配次数的观察结果

了解一种昆虫是一次性交配还是多次性交配，对进行性信息素的研究是十分必要的。有些昆虫的雌蛾在交配一次以后就不再召唤并回避企图交配的雄蛾。为此我们对核桃举肢蛾雌成虫的交配次数进行了解剖观察。一般鳞翅目昆虫每交配一次，在雌蛾的交配囊内就多一个精包，以精包的数量来确定雌蛾的交配次数。据我们对核桃举肢蛾雌蛾的解剖观察，该虫为多次交配性昆虫，雌蛾一生最多可交配6次，占到观察数的9.5%；平均交配2.95次；交配2次的占到23.8%；交配1次的占到19%；大部分雌蛾交配2至3次。同时还观察到，雌雄蛾交配时，尾部交合在一起，并列于叶背或果面上不动，交配历时有从3至5min和延长持续到120min不等，大部分交配30min左右。

三、不同有机溶剂的提取结果

为寻找提取最佳的有机溶剂，我们先后用了正己烷、庚烷、二氯甲烷、丙酮和乙醚等

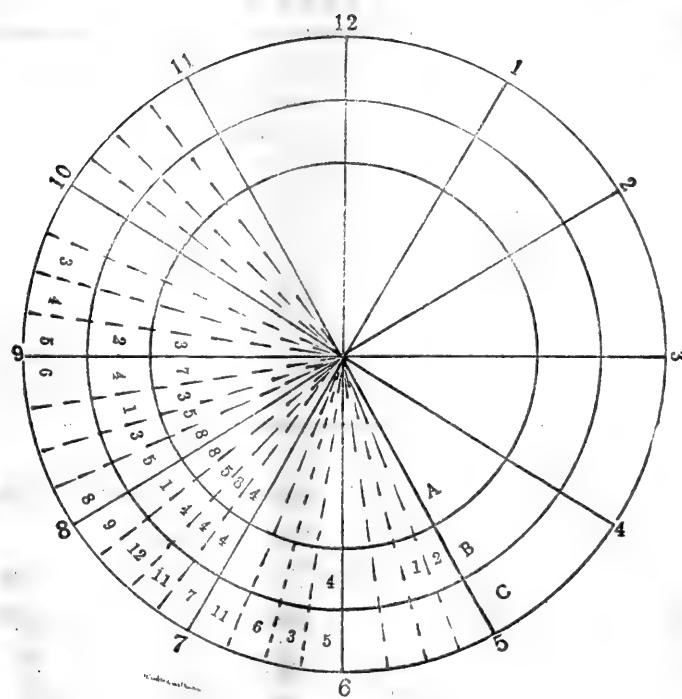


图1 核桃举肢蛾成虫性行为活动时间节律观察

Fig. 1 Observation on the action rhythm of the sexual behavior of Walnut Sun moth

注: A为6月20日观察16头; B为6月21日观察35头; C为6月22日观察12头。

5种有机溶剂，对356头雌蛾的腹部末端进行了提取。将提取物与活雌蛾采用三角形粘胶诱捕器在田间进行诱蛾量的比较，结果表明，用正己烷提取的粗提物，一个诱捕器一个晚上可诱到7头核桃举肢蛾雄虫，而活雌蛾的一个诱捕器一晚上最多可诱到2头雄虫。从而明确了正己烷是理想的有机溶剂，用于核桃举肢蛾性信息素的提取效果明显。因此我们在以后的试验中都采取正己烷提取核桃举肢蛾雌蛾的腹部末端。

四、电生理测定——田间诱蛾试验

近年来，我们先后用了80种标样化合物，大部分是12碳、14碳、16碳和少数18碳、13

表 1 标样化合物的电生理反应(只列出 $>0.4\text{mV}$)

Table 1 EAG responses of male Walnut Sun Moth to standard chemicals

componnd 化合物	EAG responses (mV) EAG反应(mV)
Z-9-16:Ac	0.5
Z-11-16:Ac	0.4
Z-9,E12-14:Ac	0.4
Z-7-14:Ac	0.7
Z-7-16:Ac	0.7
Z-10-15:Ac	0.5
Z-9-16:Ac	0.5
Z-8-13:Ac	0.4

碳、15碳的带一个双键和少数带两个双键的不饱和醇、醛及醋酸酯，经触角电位技术测定分析，其中8种化合物的触角电位活性较高，反应结果见表1。

根据触角电位的反应结果分析，我们选用了4种标样化合物以不同配比做了田间诱蛾试验。并以活雌蛾的诱蛾量为活性对照，以没有诱芯的诱捕器为空白对照。试验于1989年7月在山西省孟县核桃林中进行。田间诱蛾结果见表2。从表2看出，化合物顺-8-十三碳烯醇醋酸酯(Z-8-13:Ac)与顺-9-十六碳烯醇(Z-9-16:OH)以2:8混合在一起时，诱蛾活性为最大，4d内单一诱捕器可诱到17头核桃举肢蛾雄成虫，单一诱捕器一晚上最高可诱到7

表 2 标样化合物的田间诱蛾效果

Table 2 Field trapping efficacy of the standard chemicals

1989年7月10—13日，山西孟县

编号	化 合 物	比 例	诱捕器数	诱蛾量(头)
1	Z-8-13:Ac: Z9-16:OH	2:8	3	17
2	Z-8-13:Ac: Z9-16:OH	5:5	3	3
3	Z-10-15:Ac: Z9-16:OH	8:2	3	3
4	Z-9-16:OH		3	2
5	Z-9-16:OH: Z7-16:Ac		3	1
6	空白对照		3	0
7	活雌蛾(1头)		3	4

头。而4d内活雌蛾的单一诱捕器的诱蛾总数为4头，每晚单一诱捕器只诱到2头。其他比例的诱蛾活性很低，四天内的诱蛾总数还没有超过活雌蛾的诱蛾总数。触角电位(EAG)的测定分析和田间诱蛾试验比较的结果表明，化合物顺-8-十三碳烯醇醋酸酯和顺-9-十六碳烯醇是核桃举肢蛾的性诱剂。

讨 论

国内对核桃举肢蛾的生物学特性的研究较少，性信息素的研究也尚未见有报道。我们仅对该虫的性行为进行了初步的观察，明确了性行为的活动时间节律，并据其节律进行了性信息素的提取工作，田间生测具有一定的诱蛾活性；仅仅对雌蛾的交配次数进行了解剖观察，证明了该虫的雌蛾为多次交配性昆虫。关于该虫雄蛾的交配次数，雌蛾分泌性信息素腺体的解剖等有关生物学和生理学都有待进一步观察研究。

电生理技术的测定及田间诱蛾试验，证实了顺-8-十三碳烯醇醋酸酯(Z-8-13:Ac)和顺-9-十六碳烯醇(Z-9-16:OH)是核桃举肢蛾性诱剂的成分，以(2:8)混合时，有较好的诱蛾活性。而顺-7-十六碳烯醇醋酸酯(Z-7-16:Ac)与顺-8-十三碳烯醇醋酸酯(Z-8-13:Ac)混合，有一定的诱蛾活性，但很不理想。关于这些化合物的作用，今后仍需进一步研究。

就举肢蛾科来说，目前世界上尚未鉴定出一种性信息素，仅田间筛选出3种昆虫的性诱剂，这3种性诱剂的诱蛾活性也很低。

就目前我们筛选的诱蛾活性较高的组分，顺-8-十三碳烯醇醋酸酯与顺-9-十六碳烯醇以2:8混合，可做为预测预报应用，因为最高诱蛾量在四天内单一诱捕器可达到17头，显示出了诱蛾高峰期。从田间调查看，此高峰期与田间羽化高峰期是一致的。

参 考 文 献

- [1] 中国林业科学。1980。中国森林昆虫，502—505。中国林业出版社。
- [2] 李镇宇等。1965。核桃举肢蛾的发生与防治。生物学通报，(4)30—33。
- [3] 伍德明等。1984。二点螟性外激素的化学结构及田间诱蛾效果。昆虫学报，27(4):368—374。
- [4] 中国农业百科全书编辑部编。1990。中国农业百科全书昆虫卷，143页，农业出版社。

STUDIES ON SEXUAL BEHAVIOUR AND SEX ATTRACTANT OF WALNUT SUN MOTH (*ATRIJUGLANS HETAOHEI YANG*)

Wang Rui LiQingsen Guo Guiming

Wu Deming Yan Yunhua Cui Junrong

(Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences)

Since 1987 the bionomics of the Walnut Sun Moth have been studied in both laboratory and field. The results indicated that the sex-maturity time of the moth after 24 hours from emerging and the sex pheromone is released mainly during 6 p.m to 8 p. m. Most of the moths begin flight and mating from 5 p. m to 9 p. m and the longest mating process can last 120 minutes. By dissecting the pests, we found that the mating of females was 2-3 times, but not more than 6 times, in the all life.

EAG and field tests showed that two compounds (Z-8-13:Ac and Z9-16:OH) are components of sex attractants of Walnut Sun moth.

Key words Walnut sun moth Sexual Behaviour EAG Sex Attractant

棉铃虫产卵驱避素的研究初报*

张青文 杨奇华 周明祥

(北京农业大学植保系)

摘要 研究表明, 棉铃虫的卵和幼虫粪便中存在着一种叫做“产卵驱避素”(ODP)的信息物质, 它能阻止棉铃虫雌成虫的产卵行为。棉铃虫幼虫粪便提取液在养虫笼内对棉铃虫雌成虫的产卵驱避率为52.25%, 田间小区罩笼内的产卵驱避率为45.45%; 在田间虫粪滤液的产卵驱避率可高达84.00%, 而驱避率最高的是卵的提取物, 可高达88.06%。从田间持续时间来看, 虫粪滤液为4—5天, 而卵的提取物则可达7天左右。ODP的提取液浓度与产卵驱避作用呈线性关系, 即随着ODP浓度的增大, 产卵驱避率呈直线式上升。这一研究的深入, 将会有助于了解棉铃虫性信息素以外的个体之间的联系机制。

关键词 棉铃虫 信息素 产卵驱避素 行为

引言

昆虫能够通过释放、接受和感受一类叫做“驱散信号物质(deterring semiochemicals)”来识别和标记已占领的食物资源。有些昆虫分泌此类物质用来阻止同种个体在已被占领的食物资源上停留或取食; 而在另一些昆虫中, 此类信息素则能阻止同种雌成虫在同一位置再次产卵。这种能阻止雌成虫产卵的信息素被称为产卵驱避素(Oviposition-Deterring Pheromone, 简称ODP)^[3]。

棉铃虫属(*Heliothis* spp.)昆虫信息素的研究, 大多集中在性信息素(Sex pheromone)方面^[1]。Lewis等(1976)首次报道了美洲棉铃虫(*H. zea*)产卵驱避素的研究结果^[9]。Nordlund等(1976)报道了美洲棉铃虫的利它素(Kairomone)及其对天敌的影响^[11]; 山本书(1982)总结了烟青虫(*H. assulta*)利它素的田间应用情况。以后对于美洲棉铃虫的利它素又有进一步的报道^[6, 7, 10]。

我们从1988年开始在河北邯郸地区对棉铃虫(*H. armigera*)的产卵驱避素进行了初步探讨^[4], 以后又研究了ODP对棉铃虫成虫产卵行为的影响^[3]。本文进一步报道了我们这方面的研究结果。

材料与方法

一、棉铃虫幼虫粪便内ODP的提取:

按赵建周等(1990)的方法进行^[4]。

二、棉铃虫卵中ODP的提取:

* 霍英东教育基金资助项目。

按张青文等(1991)的方法进行^[2]。

三、产卵驱避试验:

(1) 养虫笼及田间罩笼的规格及试验方法按赵建周等(1990)的方法进行^[4]。

(2) 田间试验: 将棉铃虫的新鲜虫粪的蒸馏水滤液与卵的正己烷提取液分别喷于棉花叶片上, 每30株为一组, 各设3次重复。处理后, 逐日观察卵数。试验是在邯郸地区农科所的棉田中进行的。按 Klijnstra 等(1988)^[8]的公式计算:

$$\text{驱避\%} = \frac{(\text{对照卵数} - \text{处理区卵数})}{(\text{对照卵数} + \text{处理区卵数})} \times 100$$

四、棉铃虫成虫产卵行为的观察

按张青文等(1991)的方法进行^[2]。

结 果 与 分 析

一、笼内产卵驱避情况

将棉株中、下部叶片去掉, 保留上部展开叶及心叶各一片, 插于装水的三角瓶(100ml)中, 叶片正反面均涂上虫粪滤液, 置于养虫笼内, 放入一对新羽化的棉铃虫雌雄蛾, 以观察落卵情况。从表1可见, 虫粪滤液的处理与蒸馏水对照相比, 落卵量减少52.25%。而田间罩笼内放入新羽化的成虫以后, 虫粪处理区的卵量比对照区减少45.45%。这一结果说明棉铃虫粪便中存在着产卵驱避素(ODP)。

表1 笼内棉铃虫产卵驱避情况

Table 1 The oviposition deterring of *H. armigera* in cage

处 理	养 虫 笼		田 间 罩 笼	
	卵 量	驱 避\%	卵 量	驱 避\%
虫粪滤液	9	52.25	4.5	45.45
对 照	28.7		12.0	

二、ODP的田间有效时间

将棉铃虫的新鲜虫粪按0.5g/ml的比例浸泡于蒸馏水中, 经过滤后, 喷于田间小区的棉株上。同时, 按方法(3)将卵的正己烷提取液喷于另一处理区, 并分别以喷蒸馏水和正己烷的处理区为对照。逐日观察和记录棉铃虫的产卵情况。从表2可见, 虫粪滤液的田间驱避有效时间为4~5d, 最高驱避率为84.00%, 出现在处理后的第三天。而卵浸提液的田间驱避有效时间为7d左右, 最高驱避率为87.82%, 出现在第四天。这说明卵的浸提液的产卵驱避效果比虫粪滤液好, 有效时间也比后者长。

将表2的数据绘成图1, 就可以清楚地看出, 卵的正己烷提取物的产卵驱避效果是从第5天开始下降, 直到第7天还有一定的作用。而幼虫粪便滤液的产卵驱避效果与卵提取物相比, 持效时间短。其效果在前3天, 两者较接近, 但虫粪滤液在处理后第4天效果就开始急速下降, 到第5天效果就不显著了。

三、ODP浓度与产卵驱避作用的关系

我们按每毫升蒸馏水中加入不同量的新鲜虫粪来配置ODP的浓度, 共设置0g、0.01g、0.05g、0.10g、0.20g、0.50g共6个梯度; 卵的浓度则是以每毫升正己烷中加入的卵粒

表 2 田间产卵驱避情况及有效时间

Table 2 Active time (days) of ODP from *H. armigera* in the field

天数	虫粪滤液			卵浸提液		
	CK 卵量	处理卵量	驱避%	CK 卵量	处理卵量	驱避%
1	56	10	69.70	50	8	72.41
2	79	12	73.63	72	9	77.78
3	138	12	84.00	132	10	85.92
4	189	73	44.27	185	12	87.82
5	221	121	29.24	207	17	84.82
6	144	114	11.63	156	25	72.38
7	105	92	6.60	111	43	44.16
8	85	88	-1.76	83	69	9.21
9	80	78	1.27	82	84	-1.20

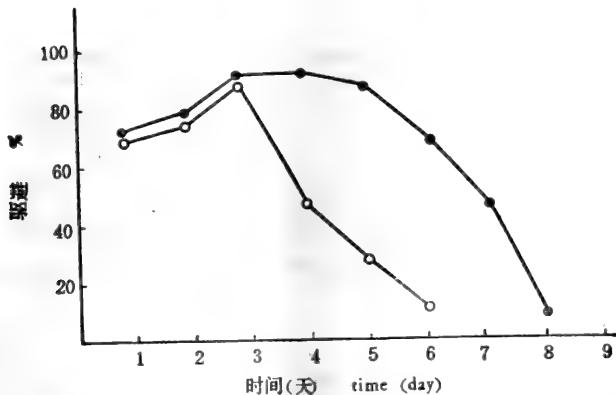


图 1 ODP 对棉铃虫的产卵驱避作用

○—虫粪滤液

●—卵浸提液

Fig. 1 The deterring of ODP from *H. armigera* to its adult oviposition

○—ODP from frass

●—ODP from egg

表 3 ODP 浓度与产卵驱避效果

Table 3 The relationship between ODP concentration and oviposition deterring effect

虫粪滤液处理区			卵浸提液处理区		
虫粪(g)/ml	卵量	驱避%	卵(粒)/ml	卵量	驱避%
0	225	0.00	0	225	0.00
0.01	172	13.35	10	161	16.58
0.05	103	37.20	50	95	40.63
0.10	69	53.06	100	57	59.57
0.20	45	66.67	150	38	71.10
0.50	21	82.93	200	23	81.45

数为单位,设置 0 粒、10 粒、50 粒、100 粒、150 粒、200 粒共 6 个梯度,喷入田间小区棉株上,观察产卵数,以比较各浓度梯度之间的产卵驱避效果。从表 3 可见,虫粪滤液和卵的

提取物，其产卵驱避作用是一致的，都是随着ODP浓度的增加而产卵驱避效果也提高。

若将表3的数据绘成图，就可以清楚地看出ODP的浓度与产卵驱避效果的关系，它们两者之间呈直线关系，即随着ODP浓度的增加，而产卵驱避效果呈直线上升。这仅仅是一天的调查结果，如果持续调查下去，结果可能会出现一些变化。另外，如果再增加ODP的浓度，是否能使产卵驱避作用达到100%，还有待于进一步研究。

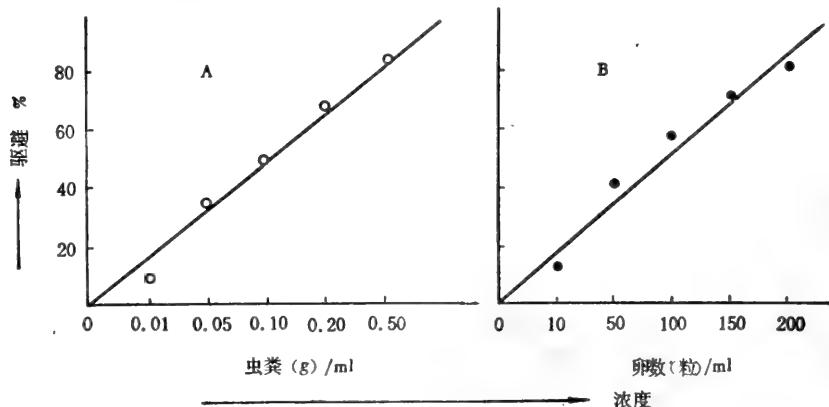


图 2 ODP浓度与产卵驱避作用的关系

A——虫粪滤液 B——卵浸提液

Fig. 2 The relationship between ODP concentration and oviposition deterring effect

A—ODP from frass

B—ODP from egg

四、ODP 对棉铃虫成虫产卵行为的影响

根据笔者在邯郸地区棉田中观察，棉铃虫雌成虫产卵时的行为序列为：①在棉株上着陆，多数着陆于棉株上部嫩叶的正面；②振动翅膀；③步行至产卵处，大多喜新展开的嫩叶及顶尖（在叶片上，卵多产于叶脉附近）；④用后足跗节打击基质表面；⑤弯下腹部，

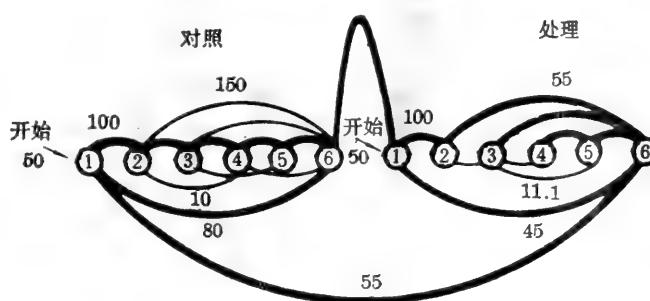


图 3 棉铃虫的产卵行为（雌蛾数N=40）

①着陆，②振翅，③步行，④跗节击打基质，⑤产卵，⑥离开

行为方向：细线及标号上方的粗线向左，标号下方的粗线向右

Fig. 1 The oviposition behaviour of *H. armigera* (intact females: N = 40)

① approach, ② swing, ③ walking, ④ drumming, ⑤ oviposition, ⑥ leaving

Directions: The thick lines above numbers and whole thin lines are right directions, the thick lines below numbers are left directions

边步行边用产卵器在基质表面扫动；⑥收腹，伸出产卵器；⑦产卵器连续扫动，并将卵产于基质表面。

而在喷有ODP的棉株上，多数雌成虫只能完成第②步即飞离，只有少数能完成上述产卵步骤。根据笔者在邯郸田间的观察，对40头雌成虫在喷了卵提取物的棉株上和对照的棉株上的行为观察，对上述产卵步骤进行统计，绘成图1。图1中的①②③④⑤⑥分别代表：着陆、振翅、步行、跗节击打基质、产卵（因为伸出产卵器、在基质上扫动和产卵是连续的，所以仅以产卵来表示）、飞离基质。图中粗线条表示行为方向的主流，符号上方的粗线条及所有的细线条表示向右方向，符号下方的粗线条表示向左方向，然后统计每一行为的百分率。从图3可以清楚地了解棉铃虫雌蛾产卵的行为及ODP对其行为的影响。

讨 论

经过1988~1991年的研究，已基本证明了棉铃虫的卵和幼虫粪便中存在着产卵驱避素（ODP），它们对棉铃虫的产卵行为有着明显的影响。但是，从粪便里提取的ODP与从卵中提取的ODP在驱避效果上和田间的持效时间上不同。到底是什么原因，还有待于深入研究。

对棉铃虫ODP的研究，有助于了解棉铃虫的一种个体之间的联系机制。在棉铃虫的卵和幼虫粪便中可能还存在着一类叫做利它素的化合物，对棉铃虫的卵寄生蜂——赤眼蜂类(*Trichogramma spp.*)的寄生行为有影响^[3]。对其深入研究，也可以了解棉铃虫与其天敌之间的联系机制。

在害虫防治方面，如果将棉铃虫的ODP喷洒在棉花上，就可以为棉花提供一个“伞”状保护屏障。Seabrook等(1983)总结了信息素在害虫防治中应用的二个途径：①信息素“陷阱”用于害虫的种群监测；②扰乱昆虫正常的通讯系统；③改变雌蛾的行为，使其不能正常交配、产卵或取食。如果将ODP应用到害虫综合防治中去，则可丰富和完善害虫综合防治体系。

参 考 文 献

- [1] 石奇光。1987。昆虫信息素防治害虫技术，上海科学技术出版社，p.103。
- [2] 张青文、罗科、赵建周。1991。棉铃虫信息物质对其成虫产卵及其天敌寄生行为的影响，青年生态学者论丛(一)，中国科学技术出版社，pp.259—265。
- [3] 周友泉、张青文、杨奇华。1991。昆虫产卵驱避激素的研究概况，昆虫知识，28(3):185—187。
- [4] 赵建周、杨奇华，1990。棉铃虫幼虫粪对成虫产卵的驱避作用，昆虫知识，27(3):139—140。
- [5] 山本 书，1982。化学生态学，化学与工业，35(7):472—475。
- [6] Eller, F.J., et al, 1988, Beneficial arthropod behavior mediated by airborne semiochemicals. II. Olfactometric studies of host location by the parasitoid *Microplitis croceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). *J. Chem. Ecol.* 14(2): 425—435.
- [7] Herard, F., et al, 1988, Beneficial arthropod behavior mediated by airborne semiochemicals. III. Influence of age and experience on flight chamber responses of *Microplitis demolitor* Wilkinson. *J. Chem. Ecol.* 14(7): 1583—1596.
- [8] Klijnstra, J.W., et al, 1988, Oviposition deterring pheromone of *Pieris brassicae*. *Agriculture, Ecosystem and Environment.* 21: 129—130.
- [9] Lewis, W.J., et al, 1976, The role of kairomones and other behavioral chemicals in host finding by parasitic insects. *Behav. Biol.* 16: 267—289.
- [10] Lewis, W.J., et al, 1988, Responses of braconid parasitoids *Microplitis croceipes* (Cresson) and *M. demolitor*

Wilkinson to stereoisomers of kairomone 13-methylhentriacontane. *J. Chem. Ecol.* 14(3): 883—888.

[11] Nordlund, D.A., et al, 1976, Terminology of chemical releasing stimuli in intraspecific and interspecific interactions. *J. Chem. Ecol.* 2: 211—220.

[12] Seabrook, W.D., et al, 1983, Pheromones in insect control, In: *Endocrinology of Insects*, pp: 673—686, Alan R. Kiss, Inc.

PRELIMINARY STUDY ON OVIPOSITION-DETERRING PHEROMONE OF *HELIOTHIS ARMIGERA*

Zhang Qinwen Yang Qihua Choe Mingzang

(*Department of Plant Protection, Beijing Agricultural University*)

We have studied the semiochemicals of *H. armigera*, our results demonstrate that there is a kind of semiochemical called Oviposition-Deterring Phoenicare (ODP) in larval frass and egg of *H. armigera*. It can retard the behaviour of adult oviposition of *H. armigera* significantly. The ODP from larval frass can reduce eggs on cotton about 52.25% in cages, and 45.45% in large field cages, and 84.00% in the field. The ODP from ovum can reduce oviposition as high as 87.82% in the field. The active time of ODP from frass last 4-5 days, and ODP from eggs are about 7 days. It is linear relationship between ODP concentration and the rate of oviposition deterring (%). This result will help us to understand the mechanism of chemical communication among the females of *H. armigera*.

Key words *Heliothis armigera* semiochemicals Oviposition-Deterring Pheromone(ODP) behaviour

苦棟种核提取物对棉铃虫生长发育影响的机理研究

祁云台 陈国明 吳松筠

(中国科学院上海昆虫研究所)

摘要 苦棟种核提取物影响棉铃虫幼虫生长发育，并引起死亡，其影响是不可逆的。利用酶学方法和聚丙烯酰胺凝胶电泳技术检查分析喂食过该提取物的末龄棉铃虫幼虫体内酶系变化，发现羧酸酯酶和磷酸酯酶活力显著提高，且有逐代增强的趋势。

关键词 苦棟 棉铃虫 生长发育 酶

植物与昆虫有密切的协同进化关系，植物有防御昆虫危害的机能，昆虫有适应植物的能力。在植物长期演化中所形成的防御昆虫侵害的策略中，化学因素占有重要地位，其中种类繁多的植物次生物质起着重要作用（钦俊德，1987）。因此研究这些物质对昆虫的作用机理具有重要理论及实践意义。

众所周知，棟科植物具有明显的抗虫作用，国内外已对此做过不少工作。我们研究的目的是以棉铃虫(*Heliothis armigera Hb.*)为材料，确证苦棟种核提取物对该虫生长发育的影响，并在此基础上检查分析棉铃虫取食该物质后幼虫体内酶系变化情况。

材料和方法

虫源：棉田内采集棉铃虫幼虫，在温室内(27±1℃温度，60±10%相对湿度，14h 光照周期)用乐云仙等(1978)人工饲料配方连续传代饲养。

样品制备：采集苦棟树种子，取其种核，粉碎后用甲醇提取，提取液经减压蒸馏除净甲醇溶剂后，贮存于冰箱内备用。

实验昆虫处理：

1. 将苦棟种核提取物按0.05, 0.1, 0.2, 0.4g/g剂量（每克人工饲料所含提取液的量相当提取苦棟种核鲜重克数）均匀混合在人工饲料内，每一剂量设置50管，每管接1龄棉铃虫幼虫一头，在上述温室条件下观察幼虫生长发育及死亡情况。以不加苦棟种核提取物正常饲料为对照。

2. 首先用含有上述剂量苦棟种核提取物的饲料分管饲养1龄棉铃虫幼虫，每个剂量各养50管，8d后转入正常饲料继续饲养，检查幼虫生长发育情况，以正常人工饲料为对照。

3. 用正常人工饲料饲养棉铃虫，当幼虫发育至末龄初时，用微量点滴器强迫喂食苦棟种核提取物，每头虫共喂食相当于从0.0014g(鲜重)苦棟种核提取的提取物，然后令其在正常饲料上继续取食，如此连续传代饲养。

酶液制备：在冰浴条件下，将喂食过苦棟种核提取物不同代的棉铃虫末龄初幼虫和对照幼虫在含有适量 1% Triton 和 20% 蔗糖的 0.1mol/L 磷酸缓冲液 (pH7) 内 (1:2.5 重量/体积) 分别整体匀浆，于 10℃ 条件下离心 10min (3500r/min)，取上清液作为测定酶液，并根据 Lowry (1951) 方法测定蛋白质含量。

离体酶活性测定：

1. α -和 β -羧酸酯酶测定：参照 Van Asperene (1962) 和陈巧云等 (1978) 所使用的方法，不同的是在反应混合物的缓冲液中加毒扁豆碱，使之在缓冲液中浓度为 10^{-6} mol/L，目的在于抑制乙酰胆碱酯酶，测定对照及喂食苦棟种核提取物 I、IV、VII 代棉铃虫幼虫酶液中羧酸酯酶的活性，每种酶液一次测 5 个浓度。用 α -和 β -萘酚制作标准曲线。

2. 酸性和碱性磷酸酯酶测定：参照 Bessey (1946) 和陈巧云等 (1980) 所使用的方法，测定对照及喂食苦棟种核提取物 I、IV、VII 代棉铃虫幼虫酶液中磷酸酯酶的活性，每种酶液一次测 5 个浓度。以对硝基苯酚制作标准曲线。

3. 乙酰胆碱酯酶测定：参照 Ell'man 等 (1961) 和陈巧云等 (1980) 使用的方法，测定对照及喂食苦棟种核提取物 I、IV、VII 代棉铃虫幼虫酶液中乙酰胆碱酯酶的活性，每种酶液一次测 5 个浓度。

4. 谷胱甘肽转移酶测定：参照 Oppenoorth 等 (1979) 使用的方法，反应混合物加酶液后，立刻在岛津 UV-300 双光束分光光度计上 340nm 波长下测定 1 分钟，如此分别测定喂食苦棟种核提取物 I、IV、VII 代棉铃虫幼虫及对照幼虫酶液谷胱甘肽转移酶的活性，计算每分钟每毫克蛋白的光密度值。

酯酶同功酶测定：聚丙烯酰胺凝胶板电泳技术参考 De Wachter R (1971) 使用的方法，分离胶浓度为 7% (pH8.9)，浓缩胶浓度为 2.5% (pH6.7)，分离胶与浓缩胶高度比为 2:1，在样品槽内小心加入 450mg 蛋白量的待测酶液，酶液分别由喂食苦棟种核提取物 I、IV、VII 代棉铃虫幼虫及对照棉铃虫幼虫制备。电极缓冲液为 pH8.3 的 Tris (三羟甲基氨基甲烷) 一甘氨酸溶液 (0.6g/Tris 和 2.88g 甘氨酸溶于 1000ml 水中)，在 4℃ 下，使用 YJ32-1 型晶体管直流稳压电源，浓缩胶泳动阶段电流为 10mA，以后分离胶泳动阶段电流为 20mA，电泳结束后，电泳胶板用蒸馏水洗涤数次，置于底物和染色剂混合液中，于室温下染色，酯酶带呈深棕色。底物显色剂混合液配制如下：先将 25mg α -醋酸萘酯、25mg β -醋酸萘酯、50mg 坚牢兰 RR 溶于 4ml 丙酮内，再加入 96ml 0.1mol/L pH7 的磷酸缓冲液。

酯酶鉴别：电泳胶板在与酯酶染色液保温前，先分别在含有对氧磷 (10^{-6} mol/L)、毒扁豆碱 (10^{-5} mol/L) 或 TPP (三苯基磷酸酯) (10^{-5} mol/L) 抑制剂的 0.1mol/L (pH7) 磷酸缓冲液内，对棉铃虫幼虫离体酯酶进行选择性抑制反应 20min，然后再将胶板移至酯酶染色液中染色。

结果和讨论

迄今为止，国内外对棟科植物的抗虫作用已做过不少研究，我国华南农业大学植保系昆虫毒理教研室在赵喜欢教授主持下对棟科植物提取物的有效成分及杀虫效果做了大量研究工作，他们发现苦棟种子油用于防治柑桔红蜘蛛是比较成功的。Schmutterer (1990) 对棟树有效成分，对昆虫的影响，用于防治害虫的潜力，对人及动物的毒性和存在的问题做了全面评述。在我们的研究中，首先确证了苦棟种核甲醇提取物对棉铃虫幼虫生长发育有

显著影响。当以含不同剂量苦楝种核提取物人工饲料饲养棉铃虫时,不但严重影响幼虫生长发育,而且引起死亡,其校正死亡率与加入提取物的剂量成正相关。饲养9d后存活幼虫平均体重则随提取物剂量增加而降低,对照组幼虫平均体重是最高剂量处理组幼虫平均体重的71.9倍(表1)。

表1 苦楝种核提取物对棉铃虫幼虫生长发育影响

Table 1 The effects of extract of *Melia azedarach* L. seed stone on growth and development of Cotton boll worm larvae

提取物剂量(g/g)* dose of extract(g/g)	供试虫数 number of test larvae	死亡虫数 number of dead larvae	校正死亡率 correct mortality	饲养9d后存活幼虫平均体重(g) mean body weight of living larvae after rearing for 9 days (g)
对照 control	50	5		0.0503
0.05	50	11	13	0.0032
0.1	50	12	17.8	0.0012
0.2	50	22	37.5	0.0008
0.4	50	26	46.7	0.0007

*每克饲料所含提取物的量相当于提取苦楝种核克数(鲜重)

The does in per gram of feed is equal to grams of extracted *Melia azedarach* L. seed stone (fresh weight)

在另一实验中,棉铃虫幼虫自1龄开始用含有不同剂量苦楝种核提取物的饲料饲养8d,以后虽转入正常饲料也不能正常发育,至14d时,对照组已开始化蛹,至20d时化蛹率达93%。而此时0.05g/g剂量组的幼虫只有80%发育到4龄;0.1g/g剂量组的幼虫只有63%发育到4龄;0.2g/g剂量组的幼虫只有20%发育到3龄;0.4g/g剂量组的幼虫只有17%发育到3龄,以后各处理组幼虫均先后死亡,无一化蛹。由此可见苦楝种核提取物对棉铃虫生长发育的影响是不可逆的。

考虑到苦楝种核提取物的拒食作用和传代饲养的需要,我们对正常饲料饲养的棉铃虫末龄初幼虫强迫喂食提取物。经试验,当每头虫共喂入相当于从0.0014g(鲜重)苦楝种核提取的提取物时,化蛹率约为50%,如此连续传代饲养,检查不同喂食代5龄幼虫体内酶系变化情况及引起某些遗传变异的可能性。在昆虫毒理学研究中已经证实,羧酸酯酶是重要的解毒酶,可以在有毒物质和其他对机体不利的外源物质作用诱导下发生变化,增强对不利物质的代谢解毒能力,使虫体对该物质产生抗性。从上述结果看,苦楝种核提取物对棉铃虫的发育是有严重影响的。当摄入可以忍受的剂量时,虫体可通过代谢、解毒、排泄等各种途径消除有害物质的影响,使机体对之产生适应能力或抗性。在研究中我们发现,棉铃虫经苦楝种核提取物喂养后,由于食物选择压力,幼虫体内 α -及 β -羧酸酯酶和对照相比显著增强,喂食第八代的比活力分别是对照的3.4和2.9倍。从测定的三代结果看,第I代与对照没有明显差异,而以后第IV、第V代比活力则显示逐代增强的趋势(表2)。

陈巧云等在研究水解酶同抗敌百虫关系过程中,发现抗性与敏感品系淡色库蚊之间磷酸酯酶比活力没有差异。然而在我们的研究中,棉铃虫幼虫体内磷酸酯酶的比活力除处理第I代没有增强外,以后各处理代确实发生了变化,第V代棉铃虫5龄幼虫体内酸性和碱性磷酸酯酶的比活力分别是对照的1.8和2.2倍,且也显示逐代增强的趋势(表3)。由此可见上述两种酶受到了苦楝种核提取物的影响。

一般认为乙酰胆碱酯酶和机体的神经传导功能有关,而谷胱甘肽转移酶是降解有机磷杀虫剂的重要酶系。表4结果表明,经过喂食苦楝种核提取物的棉铃虫幼虫体内乙酰胆碱

表 2 喂食苦楝种核提取物后棉铃虫幼虫体内羧酸酯酶比活力变化

Table 2 The change of specific activity of carboxylesterase in bodys of Cotton boll worm larvae after feeding extract of *Melia azedarach* L. seed stone

处 理 代 数 treated generation	比 活 力* specific activity	
	α -羧酸酯酶 α -carboxylesterase	β -羧酸酯酶 β -carboxylesterase
对照 control	59.1 ± 2.097	52.6 ± 2.068
I	58.7 ± 1.118	45.9 ± 9.507
IV	120.5 ± 5.387	97.3 ± 5.607
VI	201 ± 6.463	154.7 ± 3.880

* 比活力为每毫克蛋白每分钟生成 α -或 β -萘酚的微克分子数 ± 平均标准偏差(四次平均)。

Specific activity is equal to micromoles of α -or β -naphthol/mg protein/min. ± mean standard deviation (4 replications)

表 3 喂食苦楝种核提取物后棉铃虫幼虫体内磷酸酯酶比活力变化

Table 3 The change of specific activity of phosphoesterase in bodys of cotton boll worm larvae after feeding extract of *Melia azedarach* L. seed stone

处 理 代 数 treated generation	比 活 力* specific activity	
	酸性磷酸酯酶 acid phosphoesterase	碱性磷酸酯酶 basic phosphoesterase
对照 control	2.677 ± 0.266	8.329 ± 0.587
I	3.50 ± 0.101	5.127 ± 0.351
IV	4.17 ± 0.246	15.39 ± 0.154
VI	4.853 ± 0.272	18.51 ± 0.869

* 比活力为每毫克蛋白每分钟生成对硝基苯酚的微克分子数 ± 平均标准偏差(四次平均)。

Specific activity is equal to micromoles of p-nitrophenol/mg protein/min. ± mean standard deviation (4 replications).

表 4 喂食苦楝种核提取物后棉铃虫幼虫体内乙酰胆碱酯酶和谷胱甘肽转移酶变化

Table 4 The change of acetylcholinesterase and glutathiontransferase in bodys of cotton boll worm larvae after feeding extract of *Melia azedarach* L. seed stone

处 理 代 数 treated generation	乙酰胆碱酯酶比活力* specific activity of acetylcholinesterase	谷胱甘肽转移酶比活力** specific activity of glutathiontransferase
对照 control	1.67 ± 0.053	0.3701
I	1.664 ± 0.062	0.2692
IV	1.163 ± 0.029	0.3534
VI	1.610 ± 0.070	0.2555

*比活力为每毫克蛋白每分钟生成胆碱的微克分子数 ± 平均标准偏差(4 次平均)。

Specific activity is equal to micromoles of choline/mg protein/min. ± mean standard deviation (4 replications).

**比活力为每毫克蛋白每分钟的光密度值。

Specific activity is equal to O.D./ mg protein/min.

酯酶和谷胱甘肽转移酶和对照相比, 以及各处理代之间基本上没有发生变化, 说明棉铃虫在适应和克服苦楝种核提取物不利因素过程中没有和这两种酶发生明显关系。

从聚丙烯酰胺凝胶板电泳分析的结果看, 喂食苦楝种核提取物第 I 代棉铃虫 5 龄幼虫酯酶同功酶图谱共 22 个谱带, 和对照没有差异, 这一结果和酯酶活力测定的结论是一致的。

而喂食第Ⅳ和第Ⅵ代棉铃虫5龄幼虫酯酶同功酶谱的E₁、E₁₃、E₁₄、E₁₉和E₂₀谱带明显加宽，染色加强，E₂₂谱带却减弱了，E₄和E₁₀谱带仅喂食到第Ⅵ代才得到某些加强。此结果再次说明棉铃虫由于适应食物不利因素的影响而导至体内酶系发生了变化。在酯酶鉴别实验中，E₁—E₆和E₈—E₉既被毒扁豆碱所抑制，又被对氧磷所抑制，说明是胆碱酯酶。E₁₀—E₂₂不被毒扁豆碱抑制，但被TPP和对氧磷抑制，说明是羧酸酯酶。E₇既不被有机磷抑制，也不被毒扁豆碱所抑制，应属于芳族酯酶。在喂食第Ⅰ代幼虫酶谱中，E₁₅和E₁₄和对照相比没有变化，而喂食第Ⅳ和第Ⅵ代幼虫酶谱中这两条带染色明显加强，这正好说明羧酸酯酶到喂食第Ⅳ代以后发生了变化，也即说明棉铃虫在适应食物选择压力过程中这种酶起了重要作用。从乙酰胆碱酯酶的酶带染色强度看，对照和喂食各代相比，以及各喂食带之间没有明显变化，这些均与上述酶活力变化测定结果相一致(图1)。在磷酸酯酶活力变化测定中，虽然喂食苦楝种核提取物棉铃虫幼虫与对照相比有较明显增强，但此结果尚待进一步用电泳分析证实。



图 1 喂食苦楝种核提取物后棉铃虫幼虫体内酯酶同功酶电泳图谱——不同喂食代酯酶同功酶变化及其鉴别

Fig. 1 Electrophoretograms of esterase isozyme in cotton boll worm larva bodys after feeding extract of *Melia azedarach* L. seed stone—change and identification of esterase isozyme for different fed generations

在长期进化过程中，植物与昆虫形成了密切的协同进化关系。早在19世纪，Kirby就提出了这样的见解：“几乎没有一种植物能避免昆虫取食危害，但也没有一种植物能为一切植食昆虫取食危害。”很多例子证明，种类繁多的植物次生物质在植物化学防御昆虫侵害机制中起着重要作用。由于植物种类不同，所含次生物质有差异，从而受昆虫危害程度就可能有区别。因此有必要探索研究抗虫植物次生物质的种类、性质和作用机理，以便利用生物工程技术定向培育抗虫植物品种，同时也有助于有目的地筛选有效植物性杀虫剂。从另一方面看，在历史的长河中，由于外界条件的改变，昆虫与植物之间的关系必然受到影响，植食昆虫必须不断适应新的食物选择压力，由此就可能导致昆虫产生某些遗传趋异性变化，引起种下分化乃至新种形成。综上所述，研究植物抗虫物质的种类、性质和对昆虫的作用机理具有重要理论和实践意义。

参 考 文 献

- 【1】钦俊德。1987。昆虫与植物的关系。科学出版社。
- 【2】陈巧云等。1978。黑尾叶蝉对有机磷的抗性及增效机制的研究。昆虫学报, **21**(4):360。
- 【3】陈巧云等。1980。淡色库蚊对敌百虫抗性的研究——水解酶同敌百虫抗性关系。昆虫学报, **23**(4):350。
- 【4】乐云仙等。1978。棉铃虫核多角体病毒研究。复旦大学学报, **1**:79—84。
- 【5】Bessey, O.A. et al. 1946. A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum, *J. Biol. Chem.*, **164**: 321—329.
- 【6】De Wachter R. 1971. *Methods in enzymology*, **21**: 167.
- 【7】Ellman, G.L. et al. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity, *Biochem. Pharmacol.*, **7**: 88—95.
- 【8】Lowry, O.H. et al, 1951, Protein measurement with the folin phenol reagent, *J. Biol. Chem.*, **193**: 265—275.
- 【9】Oppenoorth, F.J. et al, 1979, Glutathione S-transferase and hydrolytic activity in a terachlorvinphos-resistant strain of housefly and their influence on resistance, *Pestic. Biochem. Physiol.*, **11**: 176.
- 【10】Schmutterer H., 1990, Properties and potential of natural pesticides from the Neem tree, *Azadirachta indica*, *Annu. Rev. Entomol.*, **35**: 271—297.
- 【11】Van Asperen K., 1962, A study of housefly esterase by means of a sensitive colorimetric method, *J. Insect Physiol.*, **8**: 401—416.

STUDY OF MECHANISM OF EFFECTS OF SECONDARY SUBSTANCES IN SEED STONE OF *MELIA AZEDARCH* L. ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF COTTON BOLL WORM

Qi Yuntai Chen Guoming Wu Songyun

(Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica)

The secondary substances in seed stone of *Melia azedarach* L. showed an effect on growth and development of cotton boll worm, *Heliothis armigera* Hb. and caused larvae death. The effect was not reversible. The change of enzyme system in cotton boll worm larva bodys which fed extract of *Melia azedarach* L. seed stone was determined by enzymological method and polyacrylamide gel electrophoresis technique. An apparent change of specific activity of carboxylesterase and phosphoesterase was discovered. There was a gradual increasable tendency of the specific activity generation by generation.

Key words *Melia azedarach* L. *Heliothis armigera* Hb. growth and development enzyme

两种栖境的松毛虫赤眼蜂对植物 气味行为反应的比较*

邱鸿贵 邱中良 符文俊 周 敏 沈伯钧 刘光华

(中国科学院上海昆虫研究所)

摘要 本文主要报道两种栖境的松毛虫赤眼蜂对植物气味行为反应比较研究的结果。嗅觉仪生测表明, 来于马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂对马尾松针的气味有明显反应; 而松针气味对来于甘蔗条螟卵的松毛虫赤眼蜂则无明显的引诱作用。两种栖境的松毛虫赤眼蜂对玉米叶气味反应均为明显。美人蕉叶气味对甘蔗田的松毛虫赤眼蜂似有排斥作用, 但对马尾松林的松毛虫赤眼蜂则既无明显的引诱作用, 亦无特殊的排斥作用。两种栖境的松毛虫赤眼蜂对植物气味行为反应的不同, 可能与它们长期对不同生态环境的压力选择的适应和协同进化有关。

关键词 松毛虫赤眼蜂 植物气味 嗅觉仪

在赤眼蜂 (*Trichogramma* spp.) 对它们的寄主栖息地定向中可能涉及化学的、视觉的和物理的多种因素。Vinson(1981)认为在这些因素中, 植物在提供栖息地的信息中可能起主要的作用, 因为它们在提供独特的栖息地中占支配地位, 并且是基本的生产者。研究表明赤眼蜂能被它们的寄主植物散发的气味明显吸引(Noldus, 1989)。植物抽提物能增加赤眼蜂 (*T. pretiosum*) 滞留和寄生率(Altieri 等, 1982)。这些事实均表明, 植物在赤眼蜂寄主栖息地定向中起着重要作用。

松毛虫赤眼蜂 (*Trichogramma dendrolimi*) 在国内自海南崖县至黑龙江均有发现, 国外分布于西伯利亚、日本和朝鲜(蒲蛰龙, 1978)。它能寄生 10 多个科的一些昆虫, 是农林害虫的一种重要卵寄生蜂。对不同生态环境的松毛虫赤眼蜂寄主栖境定向行为进行比较研究, 不但对以蜂治虫的实践, 而且对进一步探索赤眼蜂栖境定向行为的进化以及和环境因子之间适生的相互关系均有重要意义。

本文主要报道两种生态环境的松毛虫赤眼蜂对植物气味行为反应比较研究的初步结果。

材料和方法

一、材料

蜂种 本研究所用寄生于甘蔗条螟 (*Chilo venosatus* Wsler) 卵的松毛虫赤眼蜂种由广东省农科院植保所刘志诚教授提供; 寄生于马尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus*) 卵的松毛虫赤眼蜂由浙江金华东方红林场赤眼蜂研究组协助采集。两种栖境的松毛虫赤眼蜂, 分别用柞蚕 (*Antheraea pernvi*) 剖腹卵在 26℃ 左右、光周期为 16:8h(L:D) 的温室内续代培

* 本文为国家自然科学基金资助项目。工作中得到广东省农科院植保所刘志诚教授和浙江省金华东方红林场赤眼蜂研究组同志大力支持, 特此致谢。

养。成蜂羽化后喂食10%蜂蜜水溶液,让其群体交尾一天,第2天挑选健壮雌蜂供测定用。

供试植物 试验中所用玉米(*Zea mays*)植物由本所农场栽培,马尾松(*Pinus massoniana*)采于浙江和上海市郊区余山,而美人蕉(*Canna generalis*)叶则来源于本所内的绿化植物。

二、方法

松毛虫赤眼蜂对植物气味的行为反应是利用 Varley 等(1953)设计的嗅觉仪测定的,因为在该装置内寄生蜂可以任意活动、自由选择气味区或空白区,同时便于随时用记号笔在反应室的平板有机玻璃盖子上直接描绘成蜂爬行的路线或标记成蜂在反应室中所滞留的位置。在研究中,我们根据需要将反应室缩小为 $16 \times 6\text{cm}$ 。通过在嗅觉仪 A 位置(图 1)放置滴加盐酸的滤纸片($1 \times 1\text{cm}$),然后吸入氮气的方法观察气流通过反应室的路线。斜线区域(图 1. B)是氯化铵覆盖的范围和界线, C 为空白区。测定前,把 2 块 $1 \times 1\text{cm}$ 的玉米叶片一起粘贴在一张同样大小的纸片上,或在 $1 \times 1\text{cm}$ 的纸片上粘贴 1 块 $1 \times 1\text{cm}$ 的美人蕉叶片、或粘贴一层与纸片同样长短的松针。测定时,把放有 10 头雌蜂(蜂龄二天)的细玻璃管(直径 3mm、长 2.5mm)插入嗅觉仪 T 型管的直管中,管口塞以橡皮塞,以防蜂子外逸。待第 1 头雌蜂进入反应室起记时,观察 10 min 雌蜂的行为反应,记录(1) 10 min 内在气味区和空白区滞留(5 秒以上)的雌蜂次数,并随时用记号笔在嗅觉仪的有机玻璃盖上标记每次雌蜂滞留的位置。(2) 10 min 结束时,在气味区和空白区的雌蜂头数。每次测定后,重新引入 10 头新雌蜂。每种植物重复测定 6~12 次。

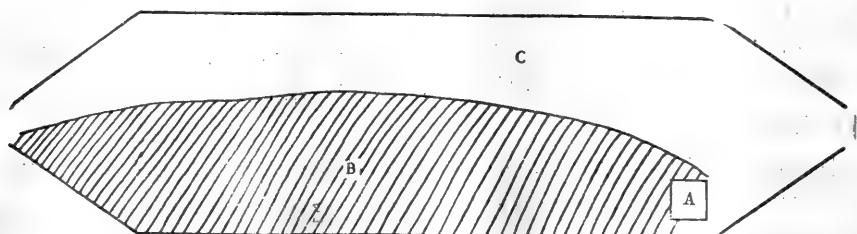


图 1 平板嗅觉仪
A: 样品; B: 气味区; C: 空白区
Fig. 1 Olfactometer
A: sample; B: Odor zone; C: blank zone

因为赤眼蜂成虫趋光,所以在暗室中的铁架下面放置两支日光灯($30\text{W} \times 2$),嗅觉仪按灯管方向平放在架子玻璃搁板上的透明绘图纸上,这样获得了基本均匀的照明。测定期间,进入反应室的空气流速控制在 0.83L/min 左右。

应用费雪氏(Fisher) t 测定对各组实验数据进行差异显著性分析。

结 果

一、松毛虫赤眼蜂对植物气味的反应

嗅觉试验测定表明,在未提供任何样品的嗅觉仪中,松毛虫赤眼蜂的分布是任意的,在 B 区停留的雌蜂次数百分率(49.40%)与 C 区(50.60%)基本相同(图 2)。当提供马尾松

针时, 来于马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂明显地对松针气味定向。气味区雌蜂头数百分率(65.49%)和空白区(34.51%)差异极显著($p<0.01$)。在气味区滞留的雌蜂次数百分率(71.59%)是空白区(28.41%)的2.5倍。松毛虫赤眼蜂亦能寄生玉米螟卵, 但寄生率较低。生测表明, 玉米叶气味对来于马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂同样有明显的引诱作用, 气味区雌蜂头数百分率(62.86%)和空白区(37.14%)差异亦极显著($p<0.01$), 在气味区滞留的雌蜂次数百分率(57.65%)是空白区(42.35%)的1.4倍。与马尾松针比较, 显然玉米叶气味对松毛虫赤眼蜂的滞留作用不如马尾松针气味强烈。松毛虫赤眼蜂对美人蕉叶气味则无明显反应(表1)。上述结果表明, 在松毛虫赤眼蜂寄主栖境定向中植物气味起着重要作用。

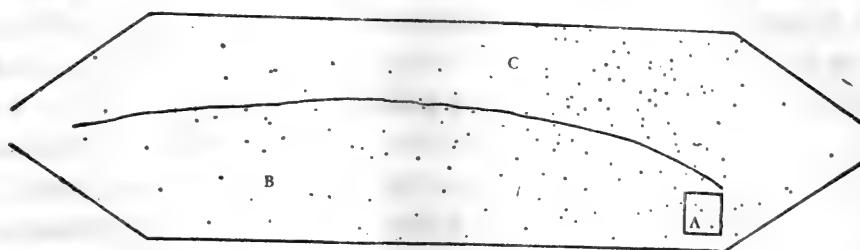


图 2 无样品时松毛虫赤眼蜂在反应室中的分布

Fig. 2 Distributions of *T. dendrolimi* in reaction chamber without samples

表 1 不同生态环境的松毛虫赤眼蜂对植物气味反应的比较

Table 1 Comparisons on behavioral response to plants by *T. dendrolimi* from two ecological habitats

蜂种来源 Source of wasps	供试植物 plant tested	测试 雌蜂 (头) N	反应室中雌蜂 No. of females in reaction chamber				雌蜂停留次数 No. of times females stay			
			总蜂数 (头) No. total wasps	气味区 odor zone (%)	空白区 blank zone (%)	差异 signifi- cance	停留总蜂次 No. total times wasps stay	气味区 odor zone (%)	空白区 blank zone (%)	气味区:空白区 odor zone : blank zone
甘蔗田 sugarcane field	马尾松针 pine needles	120	110	43.64	56.36	N. S.*	229	42.36	57.64	0.7:1
	玉米叶 corn leaf	60	59	62.71	37.29	$p<0.05$	156	64.10	35.96	1.8:1
	美人蕉叶 <i>C. generalis</i> leaf	60	55	30.91	69.09	N. S.	119	32.77	67.23	0.5:1
马尾松林 pine field	马尾松针 pine needles	120	113	65.49	34.51	$p<0.01$	433	71.59	28.41	2.5:1
	玉米叶 corn leaf	120	105	62.86	37.14	$p<0.01$	281	57.65	42.35	1.4:1
	美人蕉叶 <i>C. generalis</i> leaf	60	41	51.22	48.78	N. S.	101	50.50	49.50	1.02:1
甘蔗田 sugarcane field	对照 control	90	79	—	—	—	166	49.40	50.60	0.98:1

* N. S. = not significant (无明显差异)

二、两种栖境的松毛虫赤眼蜂对植物气味反应的比较

生测结果表明,不同栖境的松毛虫赤眼蜂对它们的寄主植物气味的反应截然不同。来自马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂对马尾松针气味反应明显;而来自甘蔗条螟卵的松毛虫赤眼蜂对马尾松针气味的反应则不明显,气味区雌蜂头数百分率(43.64%)和空白区(56.36%)无明显差异,在气味区滞留的雌蜂次数百分率(42.36%)和空白区(57.64%)亦基本相似。玉米叶气味对两种栖境的松毛虫赤眼蜂均有明显的引诱作用。两种栖境的松毛虫赤眼蜂对美人蕉叶气味的反应虽均不明显,但从生测结果来看却有所不同。美人蕉叶气味对甘蔗条螟卵的松毛虫赤眼蜂似有些排斥作用,气味区雌蜂头数百分率(30.91%)和在气味区滞留的雌蜂次数百分率(32.77%)均低于空白区(依次为69.09%和67.23%)。而美人蕉叶气味对马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂则既无明显的引诱作用,亦无特别的排斥作用(表1)。

从雌蜂在气味区滞留位置的分布(图3)可进一步看出两种栖境的松毛虫赤眼蜂对植物气味行为反应的不同。甘蔗田的松毛虫赤眼蜂雌蜂滞留次数的绝大部分(81.50%)出现在离松针样品8~16cm的范围内,而马尾松林的松毛虫赤眼蜂,雌蜂滞留次数的59.20%是在离松针样品0~8cm范围内。显然,前者对马尾松针气味的反应不如后者强烈。在玉米叶气味区内,两种栖境的松毛虫赤眼蜂滞留位置的分布亦有所不同。马尾松林的松毛虫赤眼蜂滞留次数绝大部分(81.40%)在离样品8~16cm范围内,而甘蔗田的松毛虫赤眼蜂,0~8cm范围内滞留雌蜂次数的百分率(43.10%)和8~16cm(56.90%)则基本相似。雌蜂在美人蕉叶气味区内滞留位置的分布进一步表明该种植物气味对甘蔗田的松毛虫赤眼蜂似有排斥作用,80%以上的滞留位置出现在远离样品12~16cm内;但对马尾松林的松毛虫赤眼蜂则既无明显的引诱作用,亦无特别的排斥作用。在离样品4~8cm、8~12cm和12~16cm范围内雌蜂滞留次数的百分率均在30%左右。

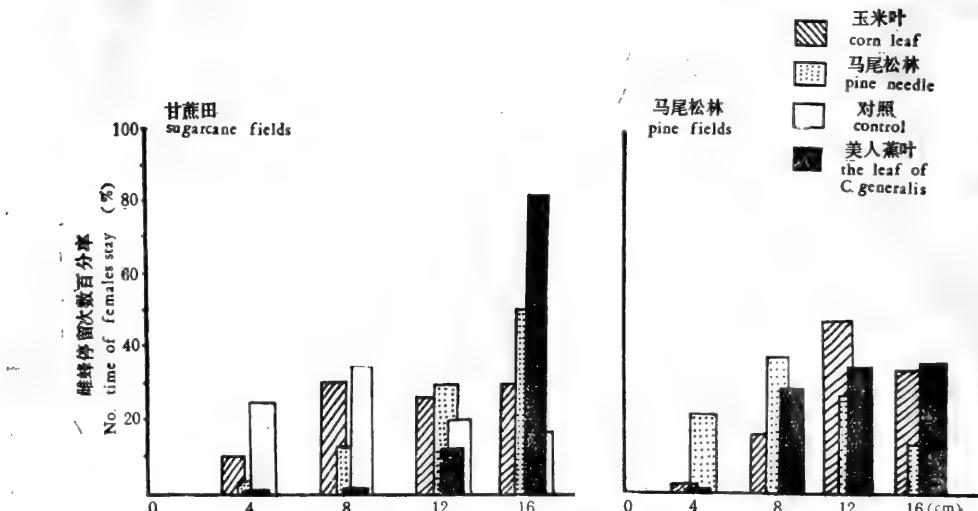


图 3 两种生态环境的松毛虫赤眼蜂在气味区的分布

Fig. 3 The distribution of *T. dendrolimi* from two ecological habitats within the area of odor

讨 论

在寄生蜂寄主栖息地定向过程中，寄主植物或食料散发的挥发性物质起着重要作用 (Vinson, 1976)。试验表明，松毛虫赤眼蜂雌蜂同样对它们的寄主植物气味有明显反应。在嗅觉仪中，不论马尾松针或玉米叶散发的气味均能明显地引诱来于马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂在气味区滞留。气味区的雌蜂头数和滞留的雌蜂次数百分率与空白区相比差异极显著 ($p < 0.01$)。但来于甘蔗条螟卵的松毛虫赤眼蜂对马尾松针的气味则无明显的反应。不同种类的赤眼蜂对寄主栖息地的适生程度不同。然而，生测结果表明，即使同样赤眼蜂，由于长期在不同生态环境的压力选择下进化，亦可导致它们对同种植物行为反应的不同。我们室内人工接种试验表明，不同生境的松毛虫赤眼蜂对亚洲玉米螟卵的寄生率不同。来于甘蔗条螟卵的松毛虫赤眼蜂，平均卵块寄生率为 31.67% [60(19)]，而马尾松毛虫卵的松毛虫赤眼蜂，平均卵块寄生率低为 6.12% [98(6)]。

张荆等(1990)报道，70 年代辽宁省寄生二代亚洲玉米螟卵的优势种为玉米螟赤眼蜂，80 年代则已演替为松毛虫赤眼蜂。这很可能与赤眼蜂的栖境偏爱随着生态环境的变化而逐渐发生演变有关。因为栖息地偏爱是一种重要的因素，它决定这种寄生蜂将攻击特定的栖息地中一定的寄主，而栖息地偏爱又可以影响寄生蜂反应的类型 (Vinson, 1981)。

参 考 文 献

- [1] 张荆等。1990. 我国亚洲玉米螟赤眼蜂种类及优势种的调查研究。生物防治通报, 6:(2)49~53。
- [2] 蒲蠟龙。1978. 害虫生物防治的原理和方法, p.15。科学出版社。
- [3] Altieri, M.A. et al. 1982. Effects of plant extracts on the rates of parasitization of *Anagasta kuehniella* (Lep: pyralidae) eggs by *Trichogramma pretiosum* (Hym: Trichogrammatidae) under greenhouse conditions. *Entomophaga*, 27(4): 431—438.
- [4] Noldus, L.P.J.J. 1989. Plant odours. In chemical espionage by parasitic wasps (Ed. by L.P.J.J. Noldus), pp.159—161. Grafisch Bedrijf ponsen and Looijen b.v., Wageningen.
- [5] Varley, G.C. and Edwards, R.L. 1953. On olfactometer for observing the behaviour of small animals. *Nature*, 171: 789—790.
- [6] Vinson, S.B. 1976. Host selection by insect parasitoids. *Ann. Rev. Ent.* 21: 109—33.
- [7] Vinson, S.B. 1981. Habitat location. In semiochemicals: their role in pest control (Ed. by Donald, A.N., Jones, R.L. and Lewis, W.J.) pp.51—77. John Wiley and Sons, New York.

COMPARISON OF BEHAVIORAL RESPONSES OF *TRICHOGRAMMA DENDROLIMI* IN TWO ECOLOGICAL ENVIRONMENTS TO PLANT ODOURS

Qiu Honggui Qiu Zhongliang Fu Wenjun
Zhou Ming Shen Bojun Liu Guanghua

(*Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica*)

The present paper reports the results of comparison of behavioral responses of *Trichogramma dendrolimi* in two ecological environments to plant odours. Olfactory experiments showed that when provided with needles of *Pinus massoniana*, *T. dendrolimi* which emerged from eggs of *Dendrolimus punctatus* responded significantly to its odours. However, the odours of pine needles did not significantly affect *T. dendrolimi* from eggs of *Chilo venosatus*. Responses of *T. dendrolimi* in two habitants to the odours of corn leaf is significant. The odours of the leaf of *Canna generalis* has a repellent effect on *T. dendrolimi* from sugarcane fields, but it neither significantly attract nor repel *T. dendrolimi* from pine fields. Difference of behavioral responses of both strains of *T. dendrolimi* to the plant odours may have a coevolved relationship from long time selection pressures in different ecological environments.

Key words *Trichogramma dendrolimi* plant odours olfactometer

植物酚类物质对亚洲玉米螟 幼虫生长发育的影响

雷 石 郑 祁 云 台

(中国科学院上海昆虫研究所)

摘要 儿茶酚、单宁酸等存在于植物中的酚类物质对亚洲玉米螟幼虫的生长发育均有不同程度的抑制作用。其中儿茶酚较为突出,在饲料中含有0.15%时就明显抑制幼虫的生长发育,浓度为0.4%时,幼虫的死亡率高达50%左右。单宁酸抑制幼虫生长发育的作用也十分明显,在浓度为1%时,大龄幼虫的生长几乎完全被抑制,而这种抑制作用在早龄幼虫中并没有如此明显。这一结果表明,儿茶酚和单宁酸对亚洲玉米螟幼虫的生长发育的抑制具有不同的机制。

关键词 亚洲玉米螟 酚类物质 生长发育 抑制作用

在长远的进化历程中,形成了昆虫、植物及昆虫与植物相互关系的多样性^[12]。植物的化学物质在这一过程中扮演了十分重要的角色,它对植食性昆虫或引诱、或忌避、或毒害,成为植食性昆虫与植物之间的重要联系途径^[12]。

植物酚类物质的作用早已受到重视,一些简单酚类物质对昆虫、微生物都有抑制或毒害作用^[3,11]。尽管人们把主要的注意力放在单宁等聚合多酚物上^[5,6,7]但越来越多的证据表明,简单酚的作用是不可忽视的。阿魏酸、对-香豆酸等对玉米象 *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) 有强烈的拒食作用^[4,11],氯原酸可增强 BT₁ 对美洲棉铃虫幼虫 *Heliothis zea* (Boddie) 的毒性^[9]。儿茶酚、原儿茶酸、单宁酸、氯原酸等对麦二叉蚜 *Schizaphis graminis* (Rondani) 的生长、繁殖有严重的抑制作用^[11]。本工作主要研究简单酚类对亚洲玉米螟幼虫生长发育的影响,为继续从生化、遗传方面阐明酚类次生物质与昆虫的相互关系及进而筛选具有实用价值的植物杀虫剂或增效剂打下基础。

材 料 和 方 法

一、虫源和处理方法 供试昆虫为经多代室内人工饲料饲养的亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (G.)。饲养方法参照王延年等(1984)。在标准饲料上群体饲养到刚蜕皮进入三龄时,转到各含酚类成分的饲料上,用试管饲养,每管四头,每十管为一处理组,同时用未加任何酚的饲料作为对照。测试的酚类物质及浓度如下:阿魏酸0.5%,氯原酸0.4%,单宁酸0.5%和1.0%,儿茶酚0.15%和0.4%。幼虫饲养温度为23℃,光照时间为12—14小时。

二、测定指标和数据处理 分别在幼虫接入处理饲料时和之后的第五天和第十天,对各处理组计死亡的虫数和虫体称重。然后继续在原饲料上饲养,待开始化蛹后,每天收取当天所化的蛹并记录化蛹日期,然后称重,一直到整个幼虫期30天为止。生长率和相对生

长率用下式计算：

$$\text{生长率}(\text{mg/d}) = (\text{末重} - \text{初重}) / \text{天数}$$

$$\text{相对生长率}[(\text{mg/g/d})] = (\text{末重} - \text{初重}) / \text{初重} \times \text{天数}$$

幼虫死亡率和化蛹率均以最初接入的虫数为基数计算，以上各指标在各处理组间的差异程度用 LSD 法检验。

结 果

一、幼虫体重、生长率和相对生长率 根据处理前、处理第五天和第十天称重得到的数据，求出平均体重、生长率和相对生长率(见表 1)。可以看到，儿茶酚处理 5d 后，幼虫平均体重、生长率和相对生长率明显低于其他各组，同期经单宁酸和氯原酸处理后，对幼虫平均体重、生长率和相对生长率的影响仅次于儿茶酚。然而在处理的第五至第十天，出现了不同的情况，经 0.4% 儿茶酚处理的幼虫的平均体重和生长率仍为最低，但与经单宁酸处理的幼虫已没有显著差异。0.4% 儿茶酚和两个单宁酸处理组的幼虫，在此阶段的生长明显低于其他各组。

表 1 植物酚类物质对亚洲玉米螟幼虫生长发育的影响*

Table 1 The effects of plant phenolics on growth and development of *Ostrinia furnacalis* G.

处 理 treatment	幼虫平均体重(mg) larval average weight(mg)		生长率(mg/d) growth rate (mg/day)		相对生长率(mg/g/d) relative growth rate (mg/g/day)	
	第 5 天 5th day	第 10 天 10th day	第1~5天 1st to 5th day	第6~10天 6th to 10th day	第1~5天 1st to 5th day	第6~10天 6th to 10th day
CK	3.87 AB	29.25 A	0.56 A	4.99 A	126.1 A	173.2 A
阿魏酸 (ferunic)	4.38 A	28.34 A	0.63 A	4.49 AB	127.0 A	162.9 A
氯原酸 (chlorogenic)	3.09 BC	19.86 BC	0.41 B	3.28 AB	124.1 A	167.5 A
单宁酸 (tannic 0.5%)	3.12 BC	8.52 D	0.38 B	1.12 C	118.7 AB	117.5 C
单宁酸 (tannic 1.0%)	2.93 BC	7.85 D	0.34 B	0.97 C	112.1 B	107.2 C
儿茶酚 (catechol 0.15%)	2.52 C	15.45 C	0.31 B	2.46 B	113.0 B	145.7 B
儿茶酚 (catechol 0.4%)	0.96 D	3.25 D	0.09 C	0.56 C	88.2 C	114.7 C

* 表中各列有不同字母者表示差异显著($P < 0.01$)

表 2 植物酚类物质对亚洲玉米螟幼虫死亡率的影响*

Table 2 The effects of plant phenolics on mortality of *O. furnacalis* G. larvae

处 理 treatment	死亡率 (%) mortality (%)	
	第五天 fifth day	第十天 tenth day
CK	5.0 A	17.5 A
阿魏酸 (ferunic)	10.0 A	17.5 A
氯原酸 (chlorogenic)	7.5 A	15.0 A
单宁酸 (tannic 0.5%)	5.0 A	22.5 A
单宁酸 (tannic 1.0%)	12.5 A	27.5 A
儿茶酚 (catechol 0.15%)	12.5 A	20.0 A
儿茶酚 (catechol 0.4%)	32.5 B	47.5 B

* 表中各列有不同字母者表示差异显著($P < 0.01$)

二、死亡率 从表2可以看到, 0.4%茶酚处理组的幼虫的死亡率明显高于对照和其他各处理组, 而其他各处理组的死亡率都相近, 并与对照组无明显差异。

表3 植物酚类物质对亚洲玉米螟幼虫历期和化蛹的影响*

Table 3 The effects of plant phenolics on larval duration and pupating of *O. furnacalis* G.

处 理 treatment	幼虫历期(d) larval duration (day)	化蛹率(%) ratio of pupating (%)	平均蛹重(mg) average pupal weight (mg)
CK	23.0	50.0 A	95.1 A
阿魏酸 (ferulic)	24.2	47.5 A	77.1 B
氯原酸 (chlorogenic)	24.5	45.0 A	92.3 A
单宁酸 (tannic 0.5%)	26.3	10.0 C	47.9 C
单宁酸 (tannic 1.0%)	—	0.0 D	—
儿茶酚 (catechol 0.15%)	25.0	22.5 B	83.2 AB
儿茶酚 (catechol 0.4%)	28.0	15.0 C	78.4 B

* 表中各列有不同字母者表示差异显著($P<0.01$)

三、化蛹情况 根据能化蛹的幼虫所经历的天数计算各处理组中幼虫的平均历期(见表3)。0.4%儿茶酚和0.5%单宁酸处理组的幼虫期都比对照有较大的延长。开始化蛹的时间, 除0.4%儿茶酚组有较大延迟外, 其余各组则无明显差异。化蛹高峰也以0.4%儿茶酚组和0.5%单宁酸组出现较晚。1.0%单宁酸处理组的幼虫均未能化蛹, 经0.5%单宁酸、0.4%和0.15%儿茶酚处理后的幼虫的化蛹率则明显降低。只有0.5%单宁酸处理后的蛹重有明显的降低, 其他处理组与对照组相比没有显著性差异。

讨 论

植物次生物质在昆虫与植物相互关系中的作用是多样的, 昆虫对不同的次生物质的反应不一样, 即使是对同一种次生物质, 不同的昆虫或不同发育阶段的反应也不相同。Todd等(1971)证明不同酚类物质对麦二叉蚜的生长、繁殖的影响各不相同。从我们的工作中可以看到, 不同酚类物质对亚洲玉米螟幼虫的作用也不一样, 在供试的酚类物质中, 仅儿茶酚和单宁酸有明显作用。在处理的两个阶段(第一至五天和第六至十天), 取食含儿茶酚饲料的幼虫的生长发育受到严重抑制, 死亡率增加。而单宁酸处理的幼虫则不同, 第一阶段, 幼虫的生长率与对照无明显差异, 但在第二阶段, 其体重、生长率和相对生长率都极大的低于对照($P<0.01$), 而且化蛹率、蛹重也明显低于对照, 当浓度达到1.0%时, 幼虫已不能完成发育。这一结果与 Feeny(1969), Goldstein(1964)等人的结果和观点相一致, 他们认为单宁等可抑制许多动物和微生物的消化酶。在第一阶段, 由于幼虫的取食量小、生长较慢, 这种抑制作用对生长的影响不明显, 但在第二阶段, 由于幼虫进入取食、生长高峰的四、五龄阶段, 这时单宁酸对消化酶的抑制就明显地反应到生长上。此后在我们对中肠蛋白酶的研究工作中也证明了这一点(待发表)。Classen等^[4](1990)证明阿魏酸对玉米象有强烈的拒食作用, 而我们则发现该化合物对亚洲玉米螟的生长有一定的促进作用。Todd等(1971)所提出的结构效^[11]应未被我们的工作所证实, 他们发现具有邻位羟基的酚类化合物如儿茶酚、原儿茶酸、氯原酸等都对麦二叉蚜的生长繁殖有害。在我们的工作中,

虽然儿茶酚对亚洲玉米螟幼虫的生长发育有严重影响，但氯原酸、原儿茶酸等的作用并不明显。

参 考 文 献

- 【1】王延年等。1984。昆虫人工饲料手册，73—77。上海科学技术出版社。
- 【2】钦俊德。1987。昆虫与植物的关系，12—35。科学出版社。
- 【3】Bell, E.A. 1974. Processes of the Summer Institute on biological Control of Plants, Insects and Diseases. 1—12, Miss. Uni. Press.
- 【4】Classen, D. et al. 1990. Correlation of phenolic acid content of maize to resistance to *Sitophilus zeamais*, the maize weevil, in CIMMYT's collections. *J. Chem. Ecol.*, **16**: 301—315.
- 【5】Haslam, E. 1988. Plant polyphenols (syn, vegetable tannins) and chemical defens — A reappraisal. *J. Chem. Ecol.*, **14**: 1789—1806.
- 【6】Feeny, P.P. 1969. Inhibitory effect of oak leaf tannins on the hydrolysis of proteins by trypsin. *Phytochemistry*, **8**: 2119—2126.
- 【7】Fraenkel, G.S. 1959. the raison d'Etre of secondary plant substances. *Science*, **129**: 1466—1470.
- 【8】Goldstein, J.L. & Swain, T. 1964. The inhibition of enzyme by tannins. *Phytochemistry*, **4**: 185—192.
- 【9】Ludlum, C.T., Telton, G.W. and Duffey, S.S. 1991. Plant defenses: chlorogenic acid and polyphenol oxidase enhance toxicity of *Bacillus thuringiensis* SUBSP, kurstaki to *Heliothis zea*. *J. Chem. Ecol.*, **17**: 217—237.
- 【10】Serrattos, A. et al. 1987. Factor contributing to resistance of exotic maize populations to maize weevil *Sitophilus zeamais*. *J. Chem. Ecol.*, **13**: 751—762.
- 【11】Todd, G.W., Getahun, A. and Cress, D.C. 1971. Resistance in barley to the greenbug, *Schizaphis graminus*. I. Toxicity of phenolic and flavonoid compounds and related substances. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, **64**: 718—722.
- 【12】Whitaker, R.H. & Feeny, P.P. 1971. Allelochemics: chemical interactions between species. *Science*, **171**: 757—770.

EFFECTS OF PLANT PHENOLICS ON THE LARVAL GROWTH AND DEVELOPMENT OF ASIAN CORN BORER, *OSTRINIA FURNACALIS* G.

Lei Shi · Qi Yuntai

(Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica)

The effects of some plant phenolics on the larval growth and development of Asian corn borer were tested. The growth and development of the larvae reared on the diet with 0.15% catechol were inhibited, and an about 50% mortality of the larvae reared on the diet with 0.4% catechol was found. The diet with 1.0% tannic acid could completely inhibit larval growth of latter instars, but the inhibition did not so strongly appear to the larvae of early instars. These results indicated that catechol and tannic acid may have different mechanisms of inhibition to larval growth and development of Asian corn borer.

Key words Asian corn borer *Ostrinia furnacalis* G. plant phenolic growth and development inhibition

禾缢管蚜蜜露的分泌节律以及分泌量 与小麦品种、生育期关系的初步研究*

杨益众 汪士新 王进强

(江苏农学院植保系)

摘要 禾缢管蚜在小麦植株上的排蜜量带有明显的节律性，其中以清晨2:00至6:00排泄量最多，午夜时分次之，正午排蜜量最少。蚜虫的蜜露排泄量除与小麦品种有关外，还与小麦生育期有关。在小麦一生中，以小麦灌浆初期排蜜量最多。这个特性与小麦灌浆期田间麦蚜发生量达到高峰相吻合。

关键词 禾缢管蚜 蜜露 小麦品种 小麦生育期

小麦是我国的主要粮食作物之一，而麦蚜则是小麦上的重要害虫。一般发生年份损失产量5~10%，大发生年份可超过30%。1984年全国农作物病虫危害损失及防治指标学术讨论会上，旱粮害虫组在讨论小结中提出“麦长管蚜 *Sitobion avenae* (Fab.) 危害是否与分泌物有关，蜜露和真菌污染对小麦光合作用的影响，都应予以考虑”。Vereijken(1979)认为“由蚜虫取食造成的损失常较轻且相对稳定，而蚜虫蜜露对小麦的影响似乎变化较大。从理论上讲，蚜虫蜜露和真菌结合在一起，能降低小麦光能利用率，减少光合面积及缩短绿色面积的持续影响”。习学等(1985)在测定了被蚜虫蜜露沾污的麦叶的光合、呼吸强度后指出，剑叶涂满蜜露后的光合、呼吸强度比对照叶片分别下降12.89%和28.34%。Havlicková(1987)在研究几种蚜虫对小麦产量损失时认为，小麦产量的损失大约有70%是由于蜜露造成的。张克斌等在用¹⁴C研究棉蚜 *Aphis gossypii* Glover的同化作用时得出“棉蚜排蜜量约为总取食量的72%，在一天中可达90%”的结论。由此可见，人们已逐渐关注蜜露的危害性。但是关于麦蚜蜜露的分泌节律却未见正式报道。另外，人们只着重以发生量上研究麦蚜的活动规律与小麦生育期的关系，而很少将蚜虫蜜露的排泄规律与小麦生育期联系起来；再者，Maxwell(1962)在研究影响麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* (Rondani) 排蜜的因素中发现，排蜜情况与不同品种及品种抗性有关，抗性强者，蚜虫排蜜量小。因此建议用排蜜量的多少作为抗性的简易指标。国际水稻研究所则利用褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stall的排蜜量来鉴别抗性水稻品种。因此，研究蚜虫排泄蜜露的规律不仅在理论上、且在生产实践中都有重要意义。为此，我们就禾缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 蜜露的分泌规律以及与小麦品种、生育期的关系等进行了探索，现将初步结果整理于下。

材料与方法

一、品种 扬麦5号、苏麦3号、8131-1，由江苏农学院稻麦研究室提供。

二、蚜虫蜜露分泌节律的测定 先将直径为9cm的滤纸浸渍在0.1%的溴甲酚绿溶

* 陆自强教授审阅此文，谨表谢意。

液里，取出、置75℃烘箱中烘干。滤纸呈鲜桔黄色，放在干燥的直径为9cm的培养皿里面，将事先准备好的有5头禾缢管蚜无翅成蚜的麦叶轻轻弯下横在有滤纸的培养皿口上，并使叶背朝下，叶面用胶带纸封好，盖上皿盖，用胶带纸封好培养皿缝隙，让蚜虫在麦叶背面取食和生活，蚜虫排泄的蜜露滴在滤纸上即变成孔雀蓝色。每隔4h更换一次滤纸，根据滤纸上蜜露的分布面积计算排蜜量(cm^2)。试验重复3次。

三、田间蚜虫发生量调查 从4月5日开始，每隔5d查一次3个小麦品种上的蚜虫数量，5时取样，每点取10个单茎。为便于统一蚜虫指标，蚜量记载采用蚜虫单位(Aphid Units，简称A.U.):1~3龄若蚜每3头记1个A.U.，4龄若蚜和成蚜每1头记1个A.U.。

结果与分析

一、蚜虫蜜露分泌节律观察 禾缢管蚜在连续24小时内分泌蜜露量见表1。

表1 禾缢管蚜蜜露排泄量($\text{cm}^2/5\text{头}$)及差异显著性测定(扬州，1990)

Table 1 The Secretory quantity of the honeydew of *Rhopalosiphum padi* ($\text{cm}^2/5$ aphids) and the test on SSR (Yangzhou, 1990)

时间 time	重复 repetition	I	II	III	Σ	X	差异显著性(1%) SSR test
		0.9458	0.9689	1.1649	3.0796	1.0265	
2:00~6:00		0.3691	0.4268	0.4729	1.2688	0.4299	B
6:00~10:00		0.3922	0.4268	0.4037	1.2227	0.4074	B
18:00~22:00		0.4614	0.3691	0.2422	1.0727	0.3576	BC
14:00~18:00		0.2999	0.2422	0.2076	0.7497	0.2499	BC
10:00~14:00		0.1038	0.1153	0.2191	0.4382	0.1461	C

注：品种为8131-1

表1显示，禾缢管蚜在一天内的排蜜量以清晨2:00—6:00最多，午夜时分次之，而以正午排蜜量最少。经方差分析和SSR显著性测验，禾缢管蚜在不同时刻内的蜜露排泄量存在极显著差异(表1)。由于蚜虫吸取食物的大部分是通过蜜露排泄出去的，这表明禾缢管蚜在早晨活动最旺盛，取食量多，蜜露分泌量大，而中午时刻，活动性小，取食量少。当然，蚜虫取食、排蜜量的多少亦可能与麦株瞬时生理变化有关。

二、蚜虫排蜜量与小麦品种的关系 以同期栽培和目前生产上大面积种植的扬麦5号等3个品种为试验材料，得出禾缢管蚜在其上的蜜露排泄量。结果表明，麦蚜在3个小麦品种上的排蜜量有很大差异，其中以在8131-1品种上分泌量最多，苏麦3号次之，扬麦5号品种上最少。经方差分析和显著性测验(SSR法)，8131-1和苏麦3号品种上的麦蚜排蜜量均与扬麦5号品种上的蚜虫排蜜量在0.05水平上达显著差异(表2)。

表 2 禾缢管蚜在不同小麦品种上的排蜜量($\text{cm}^2/5\text{头}$)(扬州, 1990)Table 2 The secretory quantity of the honeydew of *R. padi* on several wheats ($\text{cm}^2/\text{five aphids}$) (Yangzhou, 1990)

品 种 variety	重 复 repetition	I II III IV V VI VII VIII IX									
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
8131-1		0.2261	0.3266	0.3728	0.3863	0.4059	0.3181	0.3603	2.3961	0.3423	
苏麦 3 号 Sumai 3		0.3015	0.2889	0.3053	0.3147	0.3258	0.3782	0.3895	2.3039	0.3291	
扬麦 5 号 Yangmai 5		0.1759	0.1508	0.3401	0.3230	0.3358	0.2017	0.2631	1.7604	0.2515	

另外, 从 4 月 5 日至 5 月 30 日禾缢管蚜的田间调查结果可知, 8131-1 品种百茎累计有蚜 22474 个 A.U., 苏麦 3 号为 21192 个 A.U., 而扬麦 5 号品种只有 14908 个 A.U.。8131-1、苏麦 3 号二个品种上的蚜量分别是扬麦 5 号蚜量的 1.51 倍和 1.42 倍(图 1)。这说明蚜虫蜜露排泄量与蚜虫发生量在同一品种上是一致的。

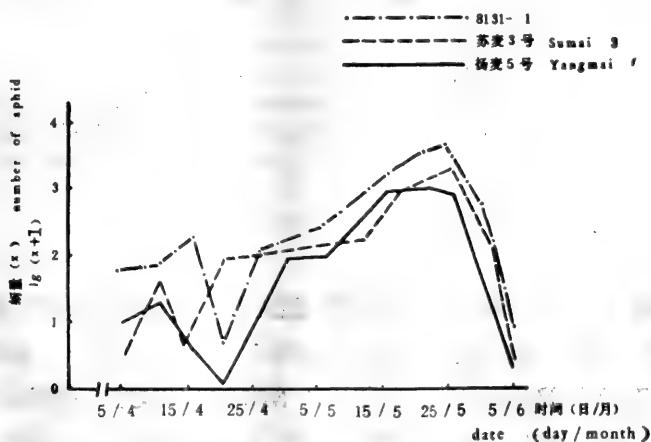


图 1 不同小麦品种上蚜虫发生量

Fig. 1 The populations of *R. padi* on several wheats

三、蚜虫蜜露排泄量与小麦生育期的关系 禾缢管蚜在麦株上的活动一般有定殖、缓增、剧增、缓减、锐减的过程。田间调查告诉我们, 五月中旬之前, 麦株上的蚜量始终处于缓增阶段, 该期累计蚜量只占小麦整个生育期蚜量的 9.36%; 进入 5 月中旬, 蚜量开始上升, 到 5 月 20 日前后, 麦株上的蚜量达到高峰, 仅 5 月 21 日蚜量就占小麦整个生育期蚜量的 36.18%; 而到了 5 月下旬末, 蚜量锐减, 5 月 30 日的当日蚜量仅占总蚜量的 0.12% (图 1)。

从蚜虫蜜露分泌量测定结果也看出, 随着小麦生育期的不同, 其上的蚜虫排蜜量亦不同。仅以 5 月 5 日、5 月 15 日、5 月 25 日 3 次测定的结果为例, 该 3 次同一时刻(14:00~18:00)的蜜露平均分泌量($\text{cm}^2/5\text{头}$)分别为 0.2076、0.3266、0.075, 亦是以五月中旬的小麦灌浆初期的蜜露分泌量最多, 5 月下旬后蚜虫排蜜量最少。这说明不同的小麦生育期决

定了麦株上蚜虫的取食和生理代谢，从而影响到蚜虫的数量。

结 论

禾缢管蚜是江苏地区麦蚜的优势种，它们在麦株上的活动在很大程度上受小麦生育期的左右。从该蚜蜜露分泌量的测定结果看，以小麦灌浆初期的排泄量最大，4 h 内共排泄蜜露 $0.3266 \text{ cm}^3/5\text{头}$ ，分别是小麦抽穗期和灌浆末期的1.57倍和4.35倍，这与田间蚜虫发生情况的调查结果以五月中旬蚜量达高峰完全一致。从昼夜蚜虫的排泌的蜜露来看，有明显的节律性：以清晨2:00—6:00分泌量最多，中午很少分泌。这种不同时刻内排蜜量的不同表明了禾缢管蚜一日之内的活动规律，当然亦可能与小麦植株的生理变化有关。另外，从测定的三个小麦品种蚜虫的排蜜量分析，有明显的差异。而这几个品种是从目前大面积栽培种中随机选来的。因此，如果从大量的抗虫、感虫小麦品种中筛选一些抗性差异明显的品种，可以预料，其蚜虫蜜露的排泄量会存在更大的差异。这表明用测定蚜虫的排蜜量来选择抗性小麦品种有一定的可靠性。

参 考 文 献

- [1] 习学等。1985。麦蚜危害小麦减产原因的研究。江苏农学院学报, 6(2):19—22。
- [2] 张克斌等。1982。棉蚜蜜露研究初报。西北农学院学报, (1):49—59。
- [3] Maxwell, F.G. 1962 Auxins in honeydew of *Toxoptera graminum* theko-aphis maculata, and *Macrosiphum pisum*, and their relation to degree of tolerance in host plant. *Ann. Entomol. Soc. America*, 55(2): 229—233.
- [4] Vereijken, P.H. 1979 *Wageningen*, The Netherlands, Centre for Agriculture Publishing and Documentation [7+]: 58pp.

PRELIMINARY STUDY ON THE SECRETION RHYTHM OF THE HONEYDEW OF *RHOPALOSIPHUM PADI* (L.) AND ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE SECRETION QUANTITY AND WHEAT VARIETY AND GROWTH STAGE

Yang Yizhong Wang Shixin Wang Jinqiang

(Department of Plant Protection, Jiangsu Agricultural College)

The secretion rhythm of the honeydew of *R. padi* (L.) indicated that secretory quantity was the most from 0200 to 0600 and the least at the noon in a day. The secretory quantity of honeydew was relative not only to wheat variety but also to growth stage. Secretory quantity of honeydew was the most during the wheat milking stage. This habit was in agreement with the densest population of aphid during the wheat milking stage.

Key words *Rhopalosiphum padi* honeydew Wheat variety Wheat growth stage

蛱蝶和寄主植物中环烯醚萜甙的研究

朱 卫

Horst Rimpler

(中国科学院武汉植物研究所)

摘要 Frank 和 Rimpler 曾报道从 *Euphydryas cynthia* (鳞翅目、蛱蝶科) 的幼虫和蛹中分离得到 3 个环烯醚萜甙类化合物, 桦醇(catalpol)、桃叶珊瑚甙(aucubin)和 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙(6-O-glucosylaucubin)。我们通过对 *E. cynthia* 单个雄性成虫的翅、腹部和胸部分别提取分离, 发现这三部分均有桃叶珊瑚甙和桦醇, 而 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙含量甚微。同时对 *E. cynthia* 的寄主植物, 阿尔卑斯车前(*Plantago alpina*)和一种在实验室供喂养幼虫的同属植物, 长叶车前(*Plantago lanceolata*)中的环烯醚萜甙作了研究, 从长叶车前中得到桃叶珊瑚甙和桦醇, 从阿尔卑斯车前中得到桃叶珊瑚甙。这两植物中均不存在 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙。

关键词 *Euphydryas cynthia* 阿尔卑斯车前环烯醚萜甙。

引 言

昆虫通过取食一定的植物, 利用和贮存其中某些植物次生物质来防御食虫动物对它的侵食, 这一事实已被越来越多的研究所证实。

Euphydryas cynthia 是一种生长在奥地利和瑞士高原山区(海拔 2000m 左右)的蝴蝶。Franke 等^[8] 在实验室用长叶车前喂养 *E. cynthia* 的幼虫, 然后放入数只驯化过的饥饿野鹤(*Saxicola torquata*), 观察现象。一只野鹤首先啄一条幼虫, 放开, 再啄至幼虫死亡, 数分钟后这只野鹤弃虫而去。其余的野鹤也试着啄幼虫, 最后都放弃进食而离开。而未用长叶车前饲养的幼虫均被野鹤所吞食。这实验表明用长叶车前喂养的 *E. cynthia* 幼虫对野鹤有一定拒食作用, 这与文献^[3—6] 所报道的现象是一致的。

对 *Euphydryas* 属昆虫所喜食的许多植物, 如玄参科和车前科植物的研究表明, 它们都含有环烯醚萜甙类化合物。这是一类有苦味的化合物, 因而对鸟有拒食作用。Bowers^[3—6] 对北美的 *Euphydryas* 属昆虫对动物的拒食作用研究表明, 其拒食与其幼虫食物中的环烯醚萜甙的含量存在着密切的关系。

这里我们对 *E. cynthia* 的成虫中环烯醚萜甙和其存在的部位作一研究。

实 验 部 分

柱层析用 Bond Elut Sigel 柱(AAnalytichem International, USA)。薄层层析(TLC): Silica gel 60HF₂₅₄, 展开剂: CH₃OH:CH₂Cl₂(1:9)或 CH₃OH:CH₂Cl₂(2:8), 显色剂: 硫酸香兰素乙醇溶液。硅烷化试剂: TMSi-S-Universal reagent, SERVA feibiochemica。高效液相层析: μ-Bondapak C₁₈(9.4mm × 250 mm), 10% MeOH/H₂O, 流速: 1.5ml/min。气相层析: 柱子OV-225, 进样器温度: 230℃, 检测器温度: 240℃, 柱温(程序升

温): 180℃保持10min, 然后以20℃/min升至220℃, 保持12min, 再以20℃/min升至270℃保持10min。

昆虫材料: *E. cynthia* 的雄性成虫捕于奥地利西部的提罗尔州, 捕捉后放入称量纸做的袋中, 置于冰箱中低温保存。分析前冷冻干燥。

植物材料: 阿尔卑斯车前采集于 *E. cynthia* 出现的地区, 长叶车前采集于德国弗赖堡城郊。采集后的植物经冷冻干燥后保存供试。

从昆虫中分离环烯醚萜甙并硅烷化: 取一蝴蝶的胸部(13.605mg), 破碎, 用5ml甲醇回流20min, 重复3次, 过滤, 滤液合并, 减压浓缩至干, 干物用1ml水和1.5ml乙醚振摇, 然后置于离心管中离心, 分去上层乙醚层。水层再用1.5ml乙醚振摇, 离心, 分去乙醚层, 重复两次。将0.15ml苯基葡萄糖溶液(0.500mg/ml, 内标)加入所得的水溶液中, 减压浓缩至干。吸取32μl硅烷化试剂注入盛有上述浓缩物的微量试管中, 室温放置2h后, 取1~3μl做气相层析分析^[7]。

其它的部位提取分离和硅烷化方法同上。

分析结果表明其翅、胸和腹部均有桃叶珊瑚甙和梓醇。

从植物中提取分离环烯醚萜甙: 取252.8mg干燥的阿尔卑斯车前叶子, 破碎, 分别用96%, 80%和70%乙醇25ml回流提取, 过滤, 滤液合并, 减压浓缩。浓缩物溶于适量水中, 水液用二氯甲烷振摇除去色素, 所剩水液减压浓缩, 进行硅胶柱层析(用Bond Elut Si gel柱), 分别用CH₂Cl₂:CH₃OH(9:1)和(8:2)溶剂系统冲洗。TLC检查各流份, 收集CH₂Cl₂:CH₃OH(8:2)洗脱部分, 减压浓缩至干。再进行反相层析分离(用MCI装填的Bond Elut柱), 分别用水, 25%和50%甲醇水溶液洗脱, TLC检查, 收集25%甲醇水溶液的洗脱液, 合并减压除去甲醇, 水溶液经冷冻干燥得6.42mg的白色粉末, 供气相和高效液相分析。

长叶车前中环烯醚萜甙的提取分离方法同上。

分析结果表明长叶车前中含有桃叶珊瑚甙和梓醇, 而阿尔卑斯车前中仅含桃叶珊瑚甙。

结 果 与 讨 论

环烯醚萜甙的结构鉴定: 将样品与标准品作TLC, GLC和HPLC比较, 以及将样品和标准品硅烷化后做GC/MS分析, 从而确定样品中桃叶珊瑚甙和梓醇的存在。

在作HPLC比较时, 首先将样品溶液进行HPLC分析, 然后将样品溶液和一标准品溶液(桃叶珊瑚甙或梓醇)合并, 再进行一次HPLC分析。如出现桃叶珊瑚甙(或梓醇)的峰增高, 则初步证明有桃叶珊瑚甙(或梓醇)。

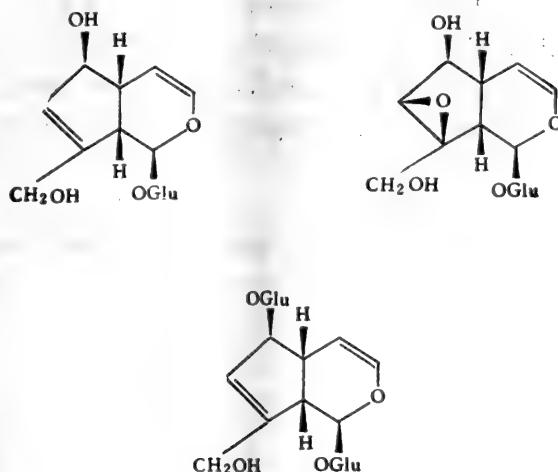
在作GLC比较时, 首先将硅烷化的样品溶液作GLC分析, 然后将硅烷化的样品溶液和一硅烷化的标准品溶液合并, 再进行一次GLC分析。如出现桃叶珊瑚甙(或梓醇)的峰增高, 则初步证明有桃叶珊瑚甙(或梓醇)。

桃叶珊瑚甙: MS 70eV-2KV m/Z 779(M+1), 778(M), 688, 451, 400, 361, 310, 309, 282, 281, 271, 220, 219, 217, 204, 147, 130, 129, 103, 81, 73。

梓醇: MS 70eV-2KV m/Z 794(M)(O), 451, 416, 361, 327, 326, 299, 298,

271, 237, 236, 217, 191, 147, 103, 81, 73。

实验表明 *E. cynthia* 成虫的翅、胸和腹部均有桃叶珊瑚甙和梓醇的存在。这与 Franke 等^[8]从 *E. cynthia* 幼虫和蛹中分得桃叶珊瑚甙和梓醇的结果是一致的，说明 *E. cynthia* 在其生活周期的各阶段中需要有这两种甙的存在。所不同的是，在幼虫和蛹虫还有一种 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙，其含量相当高，而成虫中却几乎没有。目前所知这种甙仅从 *Odontites verna* 和 *Verbascum sinuatum*^[1,2] 中分得过，在 *E. cynthia* 生活的区域未发现有它们的分布。对 *E. cynthia* 的寄主植物，阿尔卑斯车前的植化分析，证明含有桃叶珊瑚甙，从在实验室用作喂养幼虫的同属植物，长叶车前中，分得桃叶珊瑚甙和梓醇。但上述两种植物中均未发现有 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙。因此，我们推测其幼虫可能食了一种尚未被知道的，且含有 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙的植物，或是幼虫在体内能将桃叶珊瑚甙或梓醇转化成 6-O-葡萄糖桃叶珊瑚甙。但究竟如何，还待进一步深入的研究。



参 考 文 献

- [1] Bianco, A. et al, 1982. *Planta Med.* **44**: 97.
- [2] Bianco, A. et al, 1984. *J. Nat. Prod.* **47**: 901.
- [3] Bowers, M.D., 1980. *Evolution* **34**: 586.
- [4] Bowers, M.D., 1981. *Evolution* **35**: 367.
- [5] Bowers, M.D., 1983. *J. Chem. E. col.* **9**: 475.
- [6] Bowers, M.D., 1983. *Ecol. Entomol.* **8**: 1.
- [7] Gardner, D.R. et al, 1988. *J. Chem. Ecol.* **14**: 2147.
- [8] Franke A. et al. 1987. *Phytochemistry* **26**: 103.

IRIDOID GLUCOSIDES IN THE BUTTERFLY *EUPHYDRYAS CYNTHIA* AND ITS HOST PLANT

Zhu Wei

(*Wuhan Institute of Botany, Academia Sinica*)

Horst Rimpler

(*Institut für Pharmazeutische Biologie Schänzlestrasse 1, D-7800 Freiburg, F.R. Germany*)

In the previous paper, Franke and Rimpler reported that three iridoids, aucubin, catalpol and 6-O-glucosylaucubin were found in the larvae and pupal of the butterfly *Euphydryas cynthia* (Lepidoptera, Numphalidae). Now our studies revealed that aucubin and catalpol were also found in the wings, abdomen and thorax of the adult male butterfly *E. cynthia*. Aucubin was obtained from the host plant, *Plantago alpina*, as well aucubin and catalpol were found in *P. lanceolata*, the plant used as a diet when rearing the larvae in the laboratory. 6-O-glucosylaucubin was not found in both plants.

Key words Euphydryas cynthia Plantago alpina iridoids

酚酸化合物对植物生长的影响 及其在土壤中的滞留

祝心如 王大力 何芬珠

(中国科学院生态环境研究中心)

摘要 实验观察了不同浓度的阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸、肉桂酸以及间苯三酚对小麦、玉米种籽萌发以及植株早期发育的影响。当浓度较低时(10^{-4} mol/L, 10^{-5} mol/L), 这些化合物对植物生长显示了微弱的刺激作用, 其作用程度依次为: 对羟基苯甲酸>阿魏酸>香草酸>间苯三酚。未观察到肉桂酸有刺激生长的作用。当浓度较高时(10^{-3} mol/L, 10^{-2} mol/L), 这些化合物显示了对植物生长的抑制作用, 其作用强度依次为: 肉桂酸>阿魏酸>间苯三酚>对羟基苯甲酸>香草酸。使用灭菌土壤、未灭菌土壤, 以及用蒸馏水浸取或用EDTA水溶液浸取的实验结果表明, 酚酸进入土壤后, 大部分将被土壤滞留, 只有较少的部分自由存在于土壤溶液中。但是, 这种滞留是可逆的, 适当条件下, 酚酸可从土壤中解脱重又进入液相。同样, 酚酸在土壤中还受到微生物的作用, 以及不可逆吸附作用, 而使其在水溶液中的浓度逐渐降低。文中讨论了酚酸的这些变化的生态学意义。

关键词 酚酸化合物 植物他感作用 土壤吸附

通过根系分泌、茎叶挥发或被雨水淋溶, 以及凋落物的腐败分解等多种途径, 植物向周围环境释放了各种各样的有机物质。这样的物质往往会影响他种植物或释放者自身种属植物的生长发育, 而被称之为植物间信息物, 或相生相克物质。酚酸类化合物就是具有这种性质的物质。在关于台湾双季稻第二季低产原因的研究中, 研究者发现, 第一季收获后遗留在水田间的稻草分解产生了对羟基苯甲酸, 苯乙酸……等, 这些化合物影响了第二季稻秧苗的生长发育, 从而导致低产。在麦、棉轮作的农业系统中, 也观察到了^[3], 由于残留在土壤中的麦秸腐败分解, 而导致棉花生长不好的情况。其中起作用的化学物质也是酚酸类化合物。酚酸类化合物对植物生长发育的抑制作用还可见于一些文献报道。但是, 在这种逆向作用范围之外, 还有什么样的作用, 研究报道很少。

本研究选取阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸、肉桂酸以及酚化合物间苯三酚进行实验。观察在大幅度变化的不同浓度下, 这些酚酸化合物对作物早期发育的影响, 以期较为全面地认识这些化合物对作物生长的作用。

土壤是一个复杂的体系, 酚酸类物质进入土壤后, 将会发生一系列变化^[2], 微生物降解、聚合、矿化、土壤颗粒的吸附等作用, 都将导致土壤中酚酸类化合物浓度的降低。由于酚酸类物质只有通过水溶液, 才能被植物摄取, 而对其生长发生作用, 所以, 了解土壤水溶液中可保留酚酸类物质的程度, 在植物相生相克研究中是具有意义的。本工作研究了酚酸类物质进入土壤后发生的变化, 以及可对植物产生影响的程度。

实验部分

一、对种籽萌发及对植株早期发育的影响

将阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸、肉桂酸以及间苯三酚, 用蒸馏水分别配制成浓度

为 10^{-2} mol/L, 10^{-3} mol/L, 10^{-4} mol/L, 10^{-5} mol/L 的溶液。在直径为 9cm 玻璃培养皿中放置四层定性滤纸，并用 10ml 试验溶液将其润湿。每皿放置 20 粒麦种，于 19 ± 2 ℃ 黑暗无光照条件下，使种籽萌发。对于玉米，则每皿放置 10 粒，于 23 ± 1 ℃ 下进行实验。同时配以蒸馏水的对照实验。每组条件均进行十份平行实验。

首先，使用选定浓度的溶液，令种籽于培养皿中萌发，选取萌发程度一致的籽粒置于长玻璃管中。使其根浸入于试验溶液中，并保持黑暗；而其幼芽露于液面之上，并接受每日 12 小时的自然光照。每一条件进行十个平行实验。以芽、根的增长量及根数变化来描述植物初期发育状况。

二、土壤对酚酸类物质的特留实验

取苗圃上层土壤，风干、研磨过筛。称取 1.0g 或 0.1g 过 40 目 筛土壤，置于玻璃管中，加入 0.5ml 蒸馏水润湿，外加一定量阿魏酸于土壤的悬浮液中。放置一定时间，然后用 10ml 蒸馏水或 0.03mol/L 的 Na_2EDTA 水溶液浸取，再用乙醚从浸取液中提取阿魏酸。

使用 $\mu\text{Bondapack-C}_{18}$ 柱于 Waters 高压液相色谱仪上完成对阿魏酸的测定。流动相为水：甲醇：乙酸乙酯 = 110:90:2。由 254nm 紫外检测器检出。

还研究比较了阿魏酸在灭菌及未灭菌土壤中的变化。玻璃管中土壤悬浮液于 $19.6\text{N}/\text{cm}^2$ 压力下加热灭菌 40min。待冷却后，于无菌条件下，加入阿魏酸，放置，浸取和测定实验与上述相同。

实验所用间苯三酚、肉桂酸、阿魏酸、香草酸、对羟基苯甲酸均为化学纯。小麦品种为丰 8，玉米品种为丹玉 13，均为 1990 年收获的种籽。

结果和讨论

一、不同浓度下实验物质对植物生长的影响

表 1 列出了在不同浓度的实验物质的水溶液浸润下，小麦和玉米种籽萌发的情况。实验结果表明，当浓度为 10^{-2} mol/L 时，肉桂酸、香草酸使小麦和玉米种籽的萌发半数时间延长，萌发率降低，间苯三酚和对羟基苯甲酸使玉米的萌发半数时间延长。当浓度为 10^{-3} mol/L 时，肉桂酸、香草酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸，以及间苯三酚仍可使玉米的萌发半数时间延长，但对小麦种籽萌发影响则不明显。浓度进一步降低，更未观察到明显的作用。

图 1 给出了这些化合物对小麦、玉米初期发育影响的实验结果。肉桂酸溶液不论是低浓度 10^{-4} mol/L 时，还是在较高浓度 10^{-2} mol/L 时，在其中生长的小麦的初生根和玉米的主根，以及幼根和芽的增长量都明显低于对照组，显示了强烈的抑制作用。另外，阿魏酸（浓度为 5×10^{-3} mol/L），间苯三酚、对羟基苯甲酸和香草酸在浓度为 10^{-2} mol/L 时，也减缓了小麦、玉米根和苗的发育；但是当浓度为 10^{-4} mol/L 时，这些化合物对小麦玉米的初期发育显示了相反的作用——刺激生长的作用。其中对羟基苯甲酸的刺激作用尤其明显。图 1 清楚地表明了这一点。只有肉桂酸，在实验浓度下未观察到有刺激生长的作用。

综合上述实验结果，在浓度较高时，如 10^{-2} mol/L 或 5×10^{-3} mol/L 时，这些化合物显示了对小麦、玉米种籽萌发及早期发育的抑制作用。其作用强度依次为（以幼根总伸长比来衡量）：肉桂酸 > 阿魏酸 > 间苯三酚 > 对羟基苯甲酸 > 香草酸。其幼根总伸长比分别为：0.07, 0.22, 0.30, 0.48, 0.90。在浓度较低时，如 10^{-4} mol/L 或 10^{-5} mol/L 时，肉

表 1 实验物质对小麦、玉米萌发的影响

Table 1 Effect of phenolic compounds on germination of wheat and corn

化合物名称 compound	浓 度 (mol/L) concentration (mol/L)	萌发指标 effect on germination					
		小麦 wheat			玉米 corn		
		t0.5	Gt48	1x	t0.5	Gt96	1x
对羟基苯甲酸 p-hydroxy benzoic acid	0	30	96	207	77	56	133
	10 ⁻⁵	31	93	197	125	44	104
	10 ⁻⁴	30	97	217	101	49	114
	10 ⁻³	30	97	210	>77	47	122
	10 ⁻²	30	92	190	>77	39	99
间苯三酚 phloroglucinol	0	30	90	207	132	46	121
	10 ⁻⁵	30	89	200	101	49	127
	10 ⁻⁴	31	85	189	>101	35	88
	10 ⁻³	31	88	192	>101	22	61
	10 ⁻²	30	89	190	>101	24	68
阿魏酸 ferulic acid	0	30	97	287	101	41	144
	5×10 ⁻⁶	29	99	315	125	39	132
	5×10 ⁻⁵	30	98	314	>101	47	165
	5×10 ⁻⁴	30	96	292	>101	51	179
	5×10 ⁻³	32	94	233	>101	39	120
香草酸 vanillic acid	0	30	97	287	101	41	144
	10 ⁻⁵	29	98	305	>101	29	110
	10 ⁻⁴	30	99	292	>101	44	133
	10 ⁻³	30	94	277	>101	34	113
	10 ⁻²	33	84	208	>101	14	53
肉桂酸 cinnamic acid	0	30	97	287	101	41	144
	10 ⁻⁵	30	97	286	101	47	166
	10 ⁻⁴	29	97	300	>101	46	152
	10 ⁻³	30	96	291	>101	31	120
	10 ⁻²	50	42	53	>101	4	20

t0.5—萌发半数时间 (h) time in which half number of seeds germinated(hr.)

Gt—最终萌发率 percentage of end germination

1x—萌发系数 index of germination 1x = n × 1 + (n - 1) × 2 + ... + xn

桂酸除外，其余化合物则显示了微弱的刺激生长的作用，其作用强度为：对羟基苯甲酸>阿魏酸>香草酸>间苯三酚。其幼根总伸长比分别为：1.77, 1.36, 1.10 和 1.01。比较种籽萌发和早期发育两组实验，还可看出这些化合物对小麦玉米的早期发育的影响远比对其种籽萌发的影响强烈。这说明植物在萌发之后的初期发育阶段，生命脆弱，易于受外界环境的影响。这也说明，为使作物生长良好，其发育早期的保护十分重要。

二、土壤对实验物质的滞留

蒸馏水中外加阿魏酸，乙醚萃取回收率为(100.3±10.8)%，Na₂EDTA水溶液中外加阿魏酸，乙醚萃取回收率为(101.6±7.9)%。

实验中发现，土壤中加入阿魏酸后，如用蒸馏水浸取，阿魏酸从土壤进入水中的量十分微小，只有当加入到土壤中的阿魏酸的量十分大时，仪器方能检出水浸取液中的阿魏酸。表 2 给出了用蒸馏水浸取，和用 EDTA 溶液浸取时，从土壤进入液相的阿魏酸的量。

当阿魏酸接触土壤后，很可能发生的过程是与土壤的有机或无机的颗粒物相结合。可以设想，土壤颗粒物表面裸露有若干阳离子或正电荷团，当水溶液中的酚酸与其接近时，可由静电吸引而与之结合，也可通过形成有机金属络合物而相互结合在一起。处于这种状态，可自由存在于水溶液中的酚酸，比例就很小了。但是，EDTA 是一种强的阳离子络合

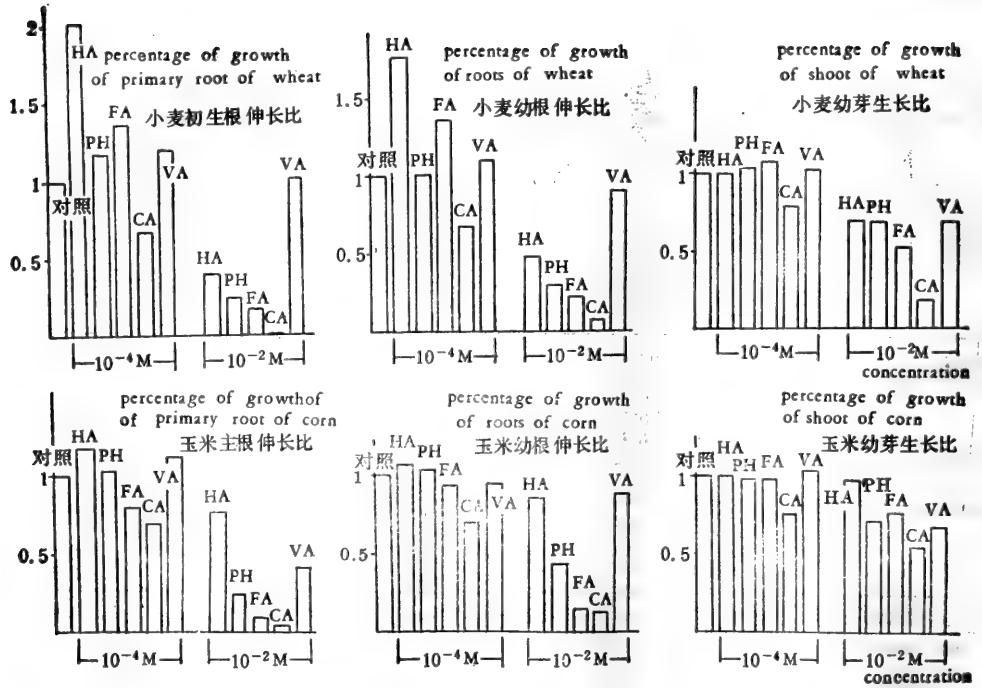


图 1 实验化合物对小麦玉米初期发育影响

Fig. 1 Effect of phenolic compounds on early growth of wheat and corn

HA:对羟基苯甲酸 p-hydroxy benzoic acid

PH:间苯三酚 phloroglucinol

FA:阿魏酸 ferulic acid

CA:肉桂酸 cinnamic acid

VA:香草酸 vanillic acid

对照: control

表 2 水, EDTA水溶液从土壤中浸取阿魏酸
Table 2 extraction of ferulic acid from soil with water or solution of EDTA

外加阿魏酸量 (ml) addition of ferulic acid	水溶液中阿魏酸应 有浓度 (mol/L) expectant concentration of ferulic acid in water	水浸取 extraction with		EDTA 水溶液浸取 extraction with solution of EDTA	
		水浸取液中实 测浓度 (mol/L) detected concentration of ferulic acid	浸取百分率 (%) percentage of extraction	EDTA 浸取液中 实测浓度 (mol/L) detected concentration of ferulic acid	浸取百分率 (%) percentage of extraction
20	1.96×10^{-4}			1.5×10^{-4}	78.8
40	3.92×10^{-4}	0.9×10^{-5}	2.4	3.7×10^{-4}	93.9
70	6.86×10^{-4}	0.5×10^{-5}	0.72		
100	0.98×10^{-3}	0.4×10^{-5}	0.36	0.69×10^{-3}	70.8
300	2.94×10^{-3}	1.6×10^{-5}	0.56	2.4×10^{-3}	81.6
500	4.9×10^{-3}	3.0×10^{-5}	0.62	3.9×10^{-3}	72.9
7000	6.86×10^{-3}	7.1×10^{-5}	1.04	5.7×10^{-3}	83.0

剂, 当EDTA水溶液接触到土壤表面后, 与其表面的阳离子发生鳌合作用, 从而将酚酸释放在液相, 这样, 由EDTA溶液来浸取土壤, 回收酚酸的比例就高多了。可是, 也不能百分之百, 有一部分酚酸是不可逆地被土壤吸附了。也还会有一部分, 是由于土壤中微生物的生命活动而消耗了。

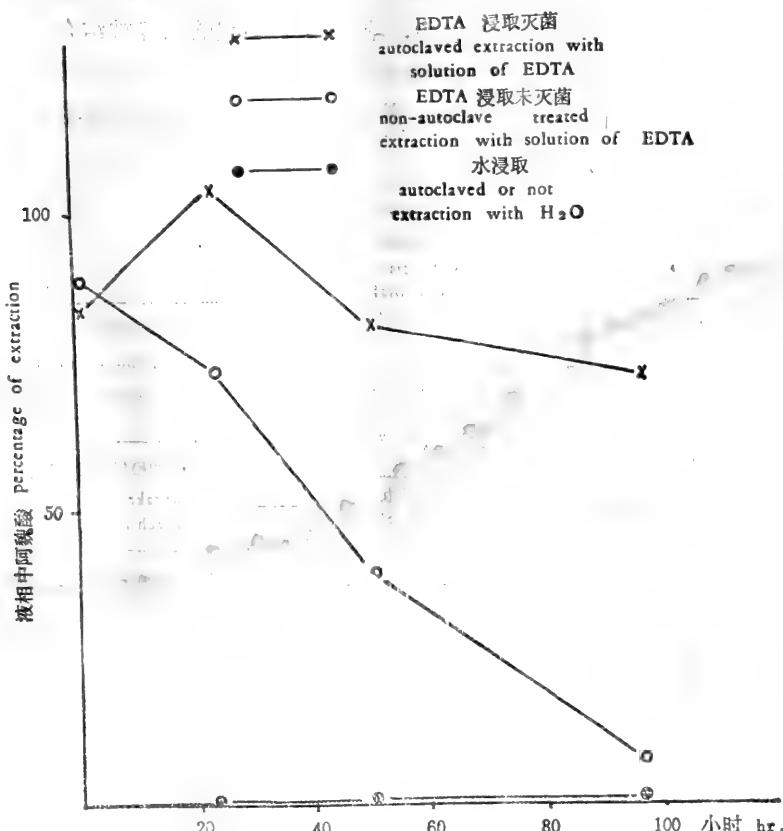


图 2 阿魏酸在土壤中变化
Fig. 2 Extractability of ferulic acid in soil

三、实验物质在土壤中的变化

阿魏酸加入土壤后，放置一段时间，再用水或EDTA液浸取。从高压灭菌后的土壤和未经灭菌的土壤中，阿魏酸的回收随时间变化显示了明显的不同。图2，给出了这组实验的数据。当用蒸馏水浸取时，外加阿魏酸的量足以使水溶液中阿魏酸的浓度达到 196×10^{-5} mol/L，但实测表明水相中的浓度却不达浓度的百分之一。大部分的阿魏酸都被土壤吸附了。对于未灭菌的土壤，还可见到随着时间的推移，水相中的浓度不断降低。当用EDTA浸取时，外加阿魏酸的量可使其在液相中的浓度达到 49×10^{-5} mol/L，实测结果表明，超过80%的阿魏酸存留于液相之中，而未被土壤滞留。但是，对于未灭菌的土壤样品，其液相中阿魏酸的浓度随时间延长而明显降低。显然，这主要是由于土壤中微生物等生命体的作用，消耗了阿魏酸^[4]。本工作并不着眼于细致研究何种微生物消耗了阿魏酸，而是用数据表明，在通常情况下，微生物可消耗阿魏酸的程度。另外，对于已经灭菌的土壤，用EDTA溶液浸取，也观察到液相中阿魏酸的浓度随时间延长而缓慢降低。估计，这是部分的阿魏酸由于土壤的可逆性结合逐步地转变成了不可逆的结合。这可以是发生了聚合、腐殖化等作用。如果排除这些非生命作用所导致的液相中阿魏酸浓度的降低，那么，对未灭菌土壤而言，浓度相当于 49×10^{-5} mol/L的阿魏酸，在4~5d之后，也会由于存留于0.1g土壤中的微生物的作用而耗尽。

综合上述实验结果，可以看出，当阿魏酸进入土壤之后，与土壤的可逆的结合作用，是一种快速作用，在0.5h，甚至10min之内，绝大部分阿魏酸已经被结合了。在一般实验操作的时间内，不易显示其结合过程。但是，微生物的作用可以用小时(h)，或天(d)的时间单位来表达。相比之下，不可逆结合，就更为缓慢。这些慢过程实际上都导致了酚酸的消失。

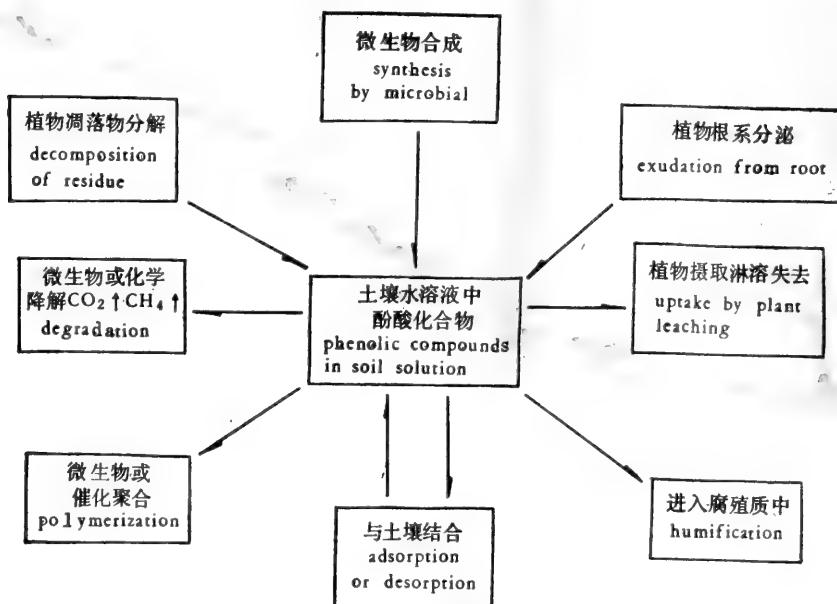


图3 土壤中酚酸变化示意图

Fig. 3 Schema of fate of phenolic compounds in soil

四、酚酸类物质在土壤中变化及被滞留的生态学意义

土壤是一个复杂的体系。当酚酸进入土壤后，所受作用方式和发生的过程是相当复杂的。此处仅以图3来示意表达酚酸类化合物在土壤中可能的变化。其中被土壤吸附，由水淋溶失去，一般来说是快作用过程，而聚合，腐殖化以及微生物降解，相对来说作用缓慢，但若条件适合，作用也会加快。植物根系分泌，微生物合成及凋落物分解，都将使土壤水溶液中酚酸化合物得到补充。另外，由于微生物作用，或土壤中某些矿物质的作用，酚酸还会聚合和腐殖化，这一作用使土壤有机组份增加，这是有利于植物的。

植物摄取土壤中的酚酸类物质是通过土壤中的水溶液来实现的。由于土壤对酚酸的滞留，大大缓和了土壤水溶液中酚酸浓度的剧烈增高。只有当土壤水溶液中酚酸类物质的浓度较高，如 10^{-2} mol/L时，并能保持数日，植物生长又处于初期阶段，植物才受到伤害，如果浓度低，则不构成伤害。

有若干过程可使土壤中酚酸类物质得到补充，又有若干过程可使其失去。土壤水溶液中的酚酸处于一种动态过程中。这一过程反映了大自然中碳循环的一部分。通过这一过程，土壤由较多的矿物质组成，逐步地增加了有机物质组分。从长远看，土壤对酚酸的滞留，逐步地改变了土壤自身的性质。逐步壤土化，而更适宜植物生长。但在这过程中，如果土壤水溶液中酚酸补充过多，而又来不及分解，或吸附而去掉的话，则将伤害植物生长。

参 考 文 献

- [1] Chou Chang-Hung. 1987. "Allelopathy in subtropical vegetation and soil in Taiwan". in "Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry" PP102—117
- [2] Dao, Thanh H. 1987. "Sorption and mineralization of plant phenolic acids in soil" ibid PP358—370.
- [3] Lodhi, M.A.K., et. al, 1987, "Allelopathy in agroecosystems: wheat phytotoxicity and its possible roles in crop rotation" *J. Chem. Ecology* 13(8): 1881.
- [4] Udo Blum, et al. 1988. "Microbial populations and phenolic acids in soil" *Soil Biol. biochem.*, 20 (6): 793.

EFFECT OF PHENOLIC COMPOUNDS ON GROWTH OF PLANT AND SORPTION IN SOIL

Zhu Xinru Wang Dali He Fenzhu

(Research Center for Eco-environmental Sciences Academia Sinica)

The effect of ferulic acid, p-hydroxy benzoic acid, vanillic acid, cinnamic acid and phloroglucinol in different concentrations on germination and early growth of wheat and corn is studied. A kind of stimulation is observed on one hand at low concentration (10^{-4} mol/L~ 10^{-5} mol/L) of the compounds, except cinnamic acid. The extent of the stimulation is in the order of p-hydroxy benzoic acid>ferulic acid>vanillic acid> phloroglucinol. On the other hand, the allelopathic inhibition is observed at concentrations of 10^{-2} mol/L ~ 10^{-8} mol/L of the compounds with the order of

cinnamic acid > ferulic acid > phloroglucinol > p-hydroxy benzoic acid > vanillic acid.

The extractability of ferulic acid from autoclaved soil or non-autoclaved soil when extracted with water or solution of EDTA is investigated. The results show that most of the ferulic acid will be held by soil. However, the adsorption is reversible. The concentration of ferulic acid in soil solution will decline as the decomposition by microbial and irreversible adsorption. The ecological significance of these changes of phenolic compounds in soil is discussed.

Key words phenolic compounds allelopathy sorption in soil

植物激素对疫霉菌营养生长 及有性生殖的影响*

杨依军 沈崇尧

(北京农业大学植保系)

摘要 本文应用体外一隔膜配对培养方法研究了五种植物激素对疫霉菌卵孢子生成的影响。结果表明, 不同植物激素抑制疫霉菌的营养生长, 而促进它的有性生殖生长, 其中以脱落酸的作用最为明显, 2,4-二氯苯氧乙酸、赤霉素、玉米素和脱落酸可诱导 A_1 单菌株自孕产生卵孢子。6-苄基腺嘌呤则明显抑制疫霉菌的营养生长和生殖生长。

关键词 植物激素 疫霉菌 营养生长 有性生殖

关于植物组织中存在着哺乳动物的雌性激素, 昆虫蜕皮激素及昆虫保幼激素等早在三十年代就有人报道, 并对其生理功能、生态种群控制等方面开展了广泛而深入的研究^[1,2,3]。作为寄生性植物病原真菌在长期的进化和自然选择过程中, 与寄主植物不断地相互作用相互影响, 进而发展到今天稳定的寄生和被寄生的关系, 疫霉菌(*Phytophthora de Bary*)即是其中的一个典型代表。疫霉菌是多种植物的主要致病菌, 病原菌的越冬多以卵孢子形式存在。异宗配合的疫霉菌需要两种不同的交配型(mating type A_1 , A_2)互为存在的条件下才能形成有性器官, 最后发育成卵孢子, 完成其生活史。有些异宗配合疫霉菌在某一地区缺少相应的交配型, 那么它们是否有卵孢子的生成, 并以这种卵菌常见的休眠体度过不良生态环境(越冬、越夏)? 在寄主与病原菌这个复合体中, 植物不同生育时期的激素调节水平的变化与疫霉菌不同形态的个体和种群变化是否有着密切的联系? 这些问题长期以来令植物病理学和真菌学工作者困惑。

本研究旨在探讨在寄主体外培养(*in vitro*)条件下, 不同种类、不同浓度的植物激素对异宗配合疫霉菌——辣椒疫霉菌(*Phytophthora capsici*)营养生长和卵孢子生成的影响。

材料与方法

1. 供试菌株:

T568 *Phytophthora capsici* A_1 美国加州大学提供;

S272 *Phytophthora capsici* A_2 上海农科院植保所提供。

2. 基础培养基: 采用 CA 培养基(胡萝卜 200g, 蒸馏水 1000ml) (shen, 1983 方法^[4])。

3. 植物激素种类及浓度:

* 国家教委博士点基金资助项目。

供试种类	规格	生产厂家	培养基中的浓度				
2,4-二氯苯氧乙酸	分析纯	德国进口北京分装	20	40	60	80	ppm
赤霉素	"	日本进口上海分装		"	"	"	
6-苄基腺嘌呤	"	上海生化研究所		"	"	"	
玉米素	"	日本进口上海分装		"	"	"	
脱落酸	"	美国进口上海分装		"	"	"	

4. 聚碳酸酯膜 (Polycarbonate membranes): 用于不同交配型隔膜配对培养, 由美国 Nuclepore 公司生产。

5. 方法: 用 4mm 的打孔器分别打取已在 PDA 平板上培养 4d 的 *P. capsici* A₁, A₂ 菌片, 置于含有 20、40、60、80ppm 的 2,4-二氯苯氧乙酸、赤霉素、6-苄基腺嘌呤、玉米素、脱落酸的 CA 培养基上, 25℃下培养, 菌丝生长 3d、5d 时分别测定菌落生长的直径, 6d 后用直径 28mm 的打孔器分别取其培养后的菌片, 使相同浓度、相同药剂的相反交配型菌片, 经聚碳酸酯膜隔离后, 相对平铺于平皿中(参见 Ko, 1978^[5])。在保鲜盒中, 25℃下培养 2 周后, 10×10 倍显微镜下检察每视野中卵孢子的数量。以上各处理均为三次重复, 每重复镜检四个视野。

结 果

1. 不同植物激素、不同浓度对疫霉菌营养生长的影响:

表 1 不同浓度不同植物激素对 *P. capsici* A₁, A₂ 菌株营养生长的影响
Table 1 Influence of various concentration of phytohormones on somatic growth in *Phytophthora capsici* A₁, A₂ mating type

植物激素 Phytohormones	浓度 Con. (ppm)	A ₁ 菌株菌落直径 Dia. of A ₁ iso.		生长速率 Grow. rate (mm/h) 3days 5days	A ₂ 菌株菌落直径 Dia. of A ₂ iso.		生长速率 Grow. rate (mm/h) 3 days 5 days
		3d	5d		3d	5d	
2,4-二氯苯氧乙酸 2, 4-D	20	40.7	66.3	0.53	44.7	67.0	0.46
	40	41.7	67.8	0.54	45.5	73.5	0.58
	60	38.8	60.8	0.45	38.5	57.5	0.40
	80	38.8	64.8	0.54	37.3	57.8	0.43
赤霉素 GA ₃	20	44.5	71.2	0.56	48.2	67.8	0.41
	40	45.2	73.5	0.59	50.3	79.3	0.60
	60	41.7	65.8	0.50	49.0	70.5	0.45
	80	42.3	72.8	0.46	50.2	77.7	0.57
玉米素 Zeatin	20	43.0	72.5	0.61	52.8	83.0	0.63
	40	41.2	66.0	0.52	49.5	80.8	0.65
	60	40.2	72.0	0.66	46.5	78.7	0.67
	80	37.8	59.0	0.44	44.0	69.8	0.54
6-苄基腺嘌呤 6-BA	20	11.8	23.2	0.24	35.0	40.8	0.21
	40	10.0	16.0	0.13	18.8	23.7	0.10
	60	6.7	9.5	0.06	12.2	17.7	0.11
	80	6.0	7.2	0.03	10.2	13.3	0.06
脱落酸 ABA	20	46.7	68.3	0.45	55.0	88.0	0.69
	40	51.8	77.8	0.54	49.7	80.8	0.63
	60	49.5	70.4	0.44	48.7	75.7	0.56
	80	51.3	69.8	0.39	49.7	70.3	0.43
对照 Control		54.0	88.0	0.71	41.7	73.0	0.65

试验结果(表1)表明,不同种类的植物激素对辣椒疫霉菌营养生长有不同程度的抑制作用,且同一种植物激素处理下,不同浓度的反应也各不相同。6-苄基腺嘌呤对*P. capsici* A₁, A₂ 菌株均有较强烈的抑制作用,A₁ 菌株20ppm 条件下,生长速率为0.24mm/h,80ppm 下生长速率仅为0.03mm/h,而对照 A₁, A₂ 菌株生长速率分别为0.71mm/h 和0.65mm/h。但有些浓度的植物激素及其营养生长的影响表现并不明显,总体趋势为对 A₁ 菌株的抑制作用大于 A₂ 菌株。

2. 不同植物激素不同浓度对卵孢子生长的影响:

虽然植物激素对疫霉菌的营养生长表现了一定的抑制作用,但除6-苄基腺嘌呤明显抑制它的菌丝生长而不能有足够的菌丝产生卵孢子外,其余的各种激素处理都较未处理的对照产生的卵孢子量大(见图1、图2)。

异宗配合的疫霉菌卵孢子的生长主要以 A₂ 菌株为主,它的产孢能力是 A₁ 菌株的12.5倍。由图中可见,在5种植物激素处理中,脱落酸的效果最为明显,处理最佳浓度60ppm 条件下 A₁ 菌株产孢能力为对照的5.8倍,60ppm 条件下, A₂ 菌株的最高产孢能力是对照的3.8倍。40ppm 的 2,4-D、20ppm 的赤霉素和20ppm 玉米素等植物激素处理下其 A₁, A₂ 菌株的卵孢子生产能力也明显地高于对照组。

3. 单菌株培养条件下,卵孢子的产生和产孢能力:

试验过程中发现2,4-二氯苯氧乙酸、赤霉素、玉米素和脱落酸在单独培养的 A₂ 菌株中,均有卵孢子生成,卵孢子产生的量在不同浓度中表现各异,见表2。与其相同处理的 A₁ 菌株则无卵孢子产生。对照组的 *P. capsici* A₁, A₂ 菌株也无卵孢子产生。

表2 不同浓度不同激素处理下 A₂ 单菌株卵孢子的产生数量(10×10倍显微镜下个/视野)
Table 2 The oospore formation of self-fertilizing A₂ isolate of *Pnytophthora capsici* on the media with various concentration of phytohormones (No. of oospores in the microscopical field 10×10)

处 理 Treatment	20ppm	40ppm	60ppm	80ppm
2,4-二氯苯氧乙酸 2,4-D	1.9	0.4	0.0	0.0
赤 霉 素 GA ₃	0.9	0.7	0.3	0.0
玉 米 素 Zeaxin	0.0	0.0	1.0	0.2
6-苄基腺嘌呤 6-BA	0.0	0.0	0.0	0.0
脱 落 酸 ABA	7.7	7.0	2.3	0.0

讨 论

在外源化学物质的刺激下,促进疫霉菌卵孢子的生成,前人曾有过报道。Ellitt^[6] 报道了甾体激素可大大促进卵孢子的生成。Noon 等^[7]、Ko^[8] 分别报道了化学物质地茂散(chloroneb)和氯唑灵(truban)处理 *P. capsici* 和 *P. parasitica* 可使 A₁ 或 A₂ 交配型菌株

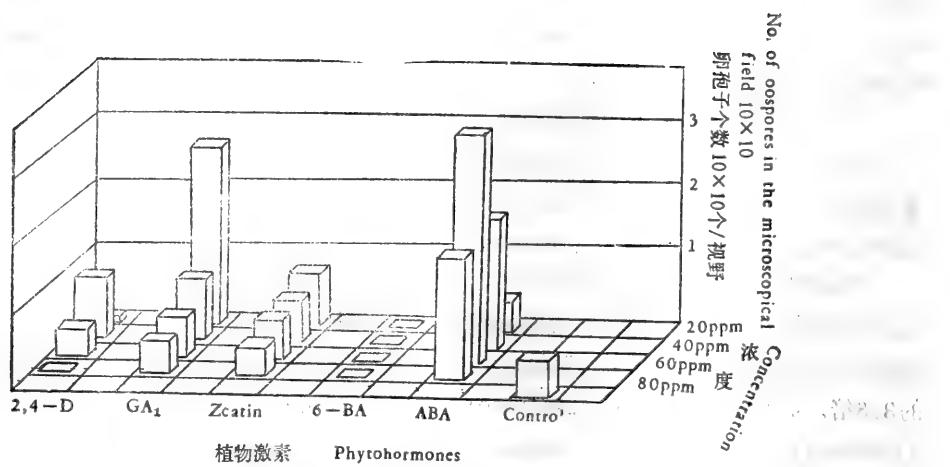


图 1 不同浓度不同植物激素对辣椒疫霉菌 A₁ 交配型卵孢子形成的影响
 Fig. 1 The oospore formation of mating type A₁ of *Phytophthora capsici* on the media with various concentration of phytohormones

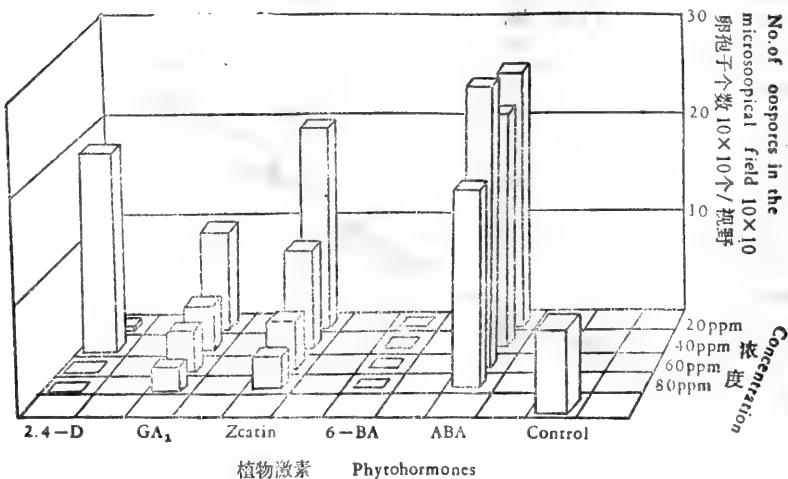


图 2 不同浓度不同植物激素对辣椒疫霉菌 A₂ 交配型卵孢子形成的影响
 Fig. 2 The oospore formation of mating type A₂ of *Phytophthora capsici* on the media with various concentration of phytohormones

自孕产生卵孢子，而且这种自孕菌株可以稳定地遗传下去。Ko(1988)^[9] 评述在异宗配合的疫霉菌卵孢子的形成过程中，需要相反交配型分别产生异质的激素($\alpha_1 \alpha_2$)相互刺激才能完成这一复杂的生理过程。我们的试验结果表明，植物激素可以促进疫霉菌的卵孢子生成，至于疫霉菌营养生长受到抑制是否即可促进它的有性生殖器官的分化和生长还有待进一步的证明。在植物激素作用下，疫霉菌的A₂单菌株培养可以自孕产生卵孢子。有关植物激素对疫霉营养生长和有性生殖的影响，国内外尚无人报道，不过植物在被疫霉菌侵染以后和植物的不同生长阶段，其自身代谢会发生变化，体内的激素调节水平也将随之变化，特别是植物生长后期或被病菌侵染后期，它的脱落酸在植物体内的水平会升高，这对疫霉菌的卵孢子生成可起到促进作用。有些异宗配合的疫霉菌，在某一地区缺少相反的交配型，由于脱落酸的作用，有可能刺激它形成卵孢子，以适应不良的生态环境，而进一步生存。

植物激素促进疫霉菌卵孢子的生成和诱导单交配型菌株产生卵孢子，这对于研究寄生及专性寄生病原菌的休眠、存活状态及所致病害的发生、发展及防治有着深远的意义。在我们的研究中发现，6-苄基腺嘌呤和玉米素在植物组织中的作用均有促进它的细胞分裂等功能，但对疫霉菌的表现却截然不同，这可能是它的生理功能不同或作用的浓度不适宜所致。因此有关植物激素对疫霉菌有性生殖过程的生理变化及其功能还有待进一步地研究。

参 考 文 献

- [1] 张玉麟、王镇圭。1989。生态生物化学导论。农业出版社。73—111。
- [2] Bell, W. J., and R. T. Cardé, 1984. (黄新培、管致和译, 1990)。昆虫化学生态学, 北京农业大学出版社。北京。
- [3] Harborne, J.B. 1988. Introduction to Ecological Biochemistry (3rd ed.). Academic Press, London.
- [4] Shen, C.Y. et al. 1983. Formation of sex organs in the A₁ mating type of *Phytophthora infestans* induced chemically by A₂ isolates of other species of *Phytophthora*. *Can. J. Bot.* **61**(5): 1462—1466.
- [5] Ko, W.H. 1978. Heterothallic *Phytophthora* evidence for hormonal regulation of sexual reproduction. *J. Gen. Microbiol.* **107**: 15—18.
- [6] Elliot, C.G. et al. 1964. A steroid growth factor requirement in a fungus. *Nature*. **203**: 427—428.
- [7] Noon, J.P. et al. 1974. Oospore production by a single isolate of *Phytophthora capsici* in the presence of chlor-ineb. *Can. J. Bot.* **52**: 1591—1595.
- [8] Ko, W.H. 1980. Hormonal regulation of sexual reproduction in *Phytophthora*. *J. Gen. Microbiol.* **116**: 459—463.
- [9] Ko, W.H. 1988. Hormonal heterothallism and homothallism in *Phytophthora*. *Ann. Rev. phytopathol.* **26**: 57—73.

EFFECTS OF PHYTOHORMONES ON SOMATIC GROWTH AND SEXUAL REPRODUCTION OF *PHYTOPHTHORA DE BARRY*

Yang Yijun Shen Chongyao

(Beijing Agricultural University)

The effects of phytohormones on somatic growth and sexual reproduction of *Phytophtthora* were studied with the method of *in vitro*-polycarbonate membranes. It was confirmed that five kinds of phytohormones retarded somatic growth of *Phytophtthora capsici* and enhanced sexual reproduction of A₁ and A₂ mating type of *P. capsici*. The most effect was acquired by the concentration of 60ppm ABA. The A₂ mating type was induced self-fertilizing isolate with 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D), gibberellic acid (GA₃), zeatin, and abscisic acid (ABA). The somatic growth and sexual reproduction of *P. capsici* was inhibited strongly by 6-benzylaminopurine (6-BA).

Key words Phytohormone *Phytophtthora* Somatic growth Sexual reproduction

生化他感作用的表现型及与垂穗披碱草 人工草场自然退化现象关系的探讨*

张宝琛 白雪芳 陶燕铎 颜立华 甄润德

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要 本文总结了在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站对植物生化他感作用与垂穗披碱草 *Elymus nutans* 人工草场自然退化现象研究所获取的资料, 系统地讨论了植物生化他感作用在垂穗披碱草人工草场上的主要表现型及对草场自然退化进程的影响, 提出了延缓垂穗披碱草人工草场自然退化速度的可行措施。

关键词 生化他感 人工草场 自然退化 垂穗披碱草 表现型

多年生人工草场自然退化现象是草场建设中常见的一个问题。在青海省高寒草甸地区建设人工草场时, 由于垂穗披碱草(以下简称披碱草)产量高, 适应性强而成为首选牧草。在生产实践中人们发现, 披碱草人工草场在生长3年后出现明显退化, 5年后草场牧草消失, 被杂类草所取代(李家藻, 1984)。如此快的退化速度是造成高寒地区多年生人工草场建设发展缓慢的重要原因之一。

导致人工草场自然退化的因素是很复杂的, 诸如牧草品种, 气候、土壤矿质营养供应, 鼠害的破坏及放牧强度控制等均可影响其退化速度。然而人工草场上各物种之间生存竞争的表现形式之一——生化他感作用的客观存在及对人工草场稳定性的影响却长期被忽略了。

所谓植物生化他感作用(AAllelopathy)是指植物在其生长发育过程中排出体外的代谢产物及尸体腐烂后在环境中的留存物改变其周围的微生态环境, 从而导致植物种内, 种间以及土壤微生物之间出现的相互克生现象。天然草场上生化他感作用对植被演替过程的影响已有不少研究工作发表(Rice, 1984), 然而人工草场生态系统中, 生化他感作用的表现形式及对系统稳定性, 功能发挥的影响, 迄今未见系统研究工作发表。

近年来, 我们在高寒草甸披碱草人工草场自然退化现象研究中发现: 不同品种牧草人工草场实验地中, 杂类草细叶亚菊(*Ajania tenuifolia*) (以下简称亚菊)入侵能力差别很大, 其中燕麦(*Avena sativa*), 弯穗大麦草(*Hordeum sp.*)等6种牧草对亚菊入侵有较强的抗衡能力, 而披碱草对亚菊入侵不仅没有任何抵抗的能力, 甚亚菊入侵程度超过空白实验地。同时, 我们发现披碱草人工草场退化程度明显地由于亚菊入侵而加剧。(张宝琛等1989^a)。亚菊活体代谢产物收集与生物学验证实验证明, 亚菊植株各部位代谢产物均能不同程度抑制披碱草种子萌发及幼苗正常生长; 同时发现披碱草播种密度增高时, 种内自身抑制现象的存在。从而证明, 披碱草“种内”及与亚菊之间“种间”生化他感现象的存在(张宝琛等1989^b)。不同年龄披碱草人工草场土壤氮素含量测定结果表明, 草场年龄增加, 土

* 国家自然科学基金资助项目。

壤总氮含量并不减少，反呈增加的趋势；然而土壤中可利用氮素水平呈现出随亚菊入侵程度的增加明显下降的现象；氮素代谢微生物计数测定表明，随着亚菊入侵程度的增加，氨化细菌数明显下降（见表1），反硝化细菌数急骤增加；以亚菊各部位代谢产物处理土壤后发现，地上部分挥发油对促进土壤中反硝化细菌繁殖与活性的作用最强烈，其有效化学成份为樟脑（Camphore）（张宝琛等 1990^a）。亚菊挥发油主要化学成份研究表明，占挥发油总量82.78%的主要8种化学成份为 α -蒎烯（Pinene）、莰烯（Camphene）、 Δ^3 -蒈烯（Carene）、桉叶油精（1,8-Cineal）、胡薄荷酮（Pulegone）、樟脑、萜品烯-4-醇（Terpinene-4-OH）和乙酸菊烯醇酯（Chrysanthenal）。其中樟脑含量占总量的31%（甄润德等，1990）。在亚菊挥发油抑制披碱草种子萌发及幼苗生长生理机制研究中发现，挥发油处理明显降低披碱草种子中 α -淀粉酶的活性及幼苗叶片硝酸还原酶活性（白雪芳等，1990^a）；在亚菊挥发油中 α -蒎烯、樟脑及桉叶油精均能在不同程度上降低披碱草种子 α -淀粉酶活性，使可溶性糖转化受阻，种子正常萌发受抑制；同时也降低了幼苗叶片硝酸酶活性、阻碍叶绿素合成，降低根系过氧化物酶活性及蛋白质合成，至使幼苗正常生长受到明显抑制，其中表现最强烈的化合物也是樟脑（白雪芳等，1990^b）。

在上述研究工作基础上，本文将着重讨论植物生化他感作用在多年生人工草场上的表现型及与草场自然退化的关系。同时，结合生产实践，从生化他感作用角度提出延缓多年生人工草场自然退化速度的措施以供生产部门在设计人工草场建设及管理方案时参考。

一、植物生化他感作用在披碱草人工草场上的主要表现型及对草场退化的影响

1. 植物生化他感作用的表现型

在披碱草人工草场自然退化现象研究中，到目前为止，我们注意到植物生化他感作用有3种主要表现型。

①披碱草植物种内生化相克作用

该种形式主要表现在草场牧草密度过高时，植株自身代谢产物积累，造成对自身生长不利的环境条件。导致牧草种子萌发，新苗生长被抑制、阻碍人工草场牧草植株自我更新的正常进行，使草场缓慢退化。这种表现型与下述两种相比，对草场自然退化速度的影响较弱、出现也晚。

②亚菊与披碱草植物种间生化相克作用

该形式主要表现在亚菊入侵后，其代谢产物在环境中的积累，导致披碱草种子萌发、幼苗生长被强烈抑制的现象。

③亚菊与土壤中氮素代谢微生物之间的生化他感作用（包括相克与相促两方面）。

该种形式有两方面的表现，即亚菊入侵后，其代谢产物在环境中的积累明显促进土壤反硝化细菌的繁殖速度及反硝化作用活性，与此同时，亚菊代谢产物又表现出对土壤氨化细菌繁殖的明显抑制、至使土壤中氨化细菌数目明显下降。

亚菊不同入侵程度人工草场土壤中氨化细菌计数测定方法及培养条件为营养琼脂平板法，接种土壤稀释液浓度为 10^{-4} ，26℃培养3天后计数（波爽，丁1959），测定结果如表1所示。

结果表明，土壤中氨化细菌数量不随人工草场年龄增加而减少，6年生人工草场土壤中氨化细菌数远远超过1年和3年生人工草场。以3年和9年生人工草场亚菊入侵程度差异很大的A、B两地块相比，入侵严重、退化明显的B地块土壤中，氨化细菌数目明显少

于亚菊入侵轻微，退化不明显的A地块，论明亚菊入侵与草场土壤氨化细菌繁殖之间，是存在着生化相克关系的。关于这一现象研究工作，目前还比较粗糙，有待进一步的工作来阐明。

表 1 垂穗披碱草人工草场上细叶亚菊入侵程度与土壤氨化细菌数量变化的关系
Table. 1. The relationship between the invasion level of *Ajania tenuifolia* and the change of ammonifying bacteria number in soil of *Elymus nutans* artificial grassland

草场年龄 Age of grassland	细叶亚菊株数/样方 Number of invading <i>A. tenuifolia</i> /sp.	氨化细菌数 Number of ammonifying bacteria($\times 10^4$)/g. d. soil
1	0.0	62.990
3a	12.1±4.8	101.012
3b	57.7±7.0	55.392
6	0.0	168.060
9a	0.11±0.0	73.064
9b	61.2±21.9	41.954

2. 植物生化他感作用对披碱草人工草场自然退化的影响

根据生化他感作用在披碱草人工草场上的主要表现型，可以认为植物生化他感作用对披碱草人工草场自然退化进程的影响主要表现在以下3个方面：

①牧草种内及牧草与亚菊之间的生化相克作用将直接抑制草场牧草的正常生长和自我更新，无疑将加速草场的自然退化。

②亚菊入侵后，其代谢产物对土壤中氨化细菌繁殖的抑制。导致土壤中有机氮素矿化困难；亚菊入侵对土壤反硝化细菌数及活性的明显促进，又会造成土壤中已矿化可利用氮素的大量损失，这正是造成土壤高总氮含量，低可利用氮水平，实际贫瘠化现象的重要原因之一。这种现象当然不利于喜高氮禾本科牧草的生长而有利于耐低氮杂类草的生长和繁殖蔓延。

③杂类草(包括亚菊)在草场上的蔓延形成地上及地下鼠类入侵和繁衍有利的食物供应条件，导致鼠害发生。鼠害的破坏又加剧了人工草场的退化，形成严重的恶性循环。

植物生化他感作用与披碱草人工草场自然退化现象之间的关系可归纳为图1所示。

二、从植物生化他感作用角度探讨延缓披碱草人工草场自然退化速度的可行措施

根据植物生化他感作用在人工草场上的表现型及与草场自然退化现象关系的初步探讨，我们认为，在高寒草甸上，延缓披碱草人工草场自然退化速度是可以实现的，其主要措施建议如下：

1. 选择强抗亚菊入侵牧草品种与披碱草进行混播以抵制亚菊在人工草场上的入侵和蔓延。

根据我们在不同品种牧草栽培实验地上亚菊入侵情况调查的结果，燕麦草，弯穗大麦草、糙毛鹅冠草(*Roegneria hirsuta*)、短柄鹅冠草(*R. brevipes*)、短芒老芒麦(*Elymus breviaristatus*)以及贫花鹅冠草(*Roegneria pauciflora*)等6种牧草均有较强抵制亚菊入侵的能力，均可供选择。关于以上6种牧草对亚菊生长反抑制作用的实验研究，目前正在迸行。

2. 选用除草剂以控制杂类草在人工草场上的蔓延。

在青海高寒草甸地区，披碱草人工草场上入侵的杂类草多为双子叶植物杂草，因此，

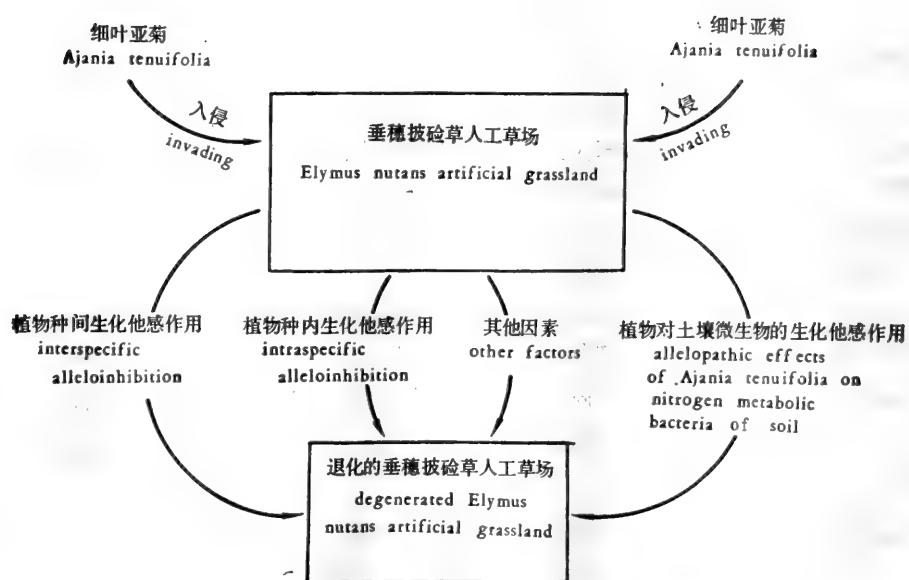


图 1 植物生化他感作用与垂穗披碱草人工草场自然退化关系
 Fig. 1 Relationships between allelopathy of plants and the degeneration of *Elymus nutans* artificial grassland

当草场上杂类草已明显入侵，特别是出现亚菊时，应选择合适的除草剂以控制其蔓延，例如2,4-D等，以保护牧草生长不受杂类草生化他感作用的干扰及即时阻断地上地下鼠类食物链的形成。

3. 适时追施氮素化肥以增加土壤可利用氮素供应，保证禾本科牧草正常生长需要。

亚菊入侵后，既然可导致草场土壤的实际贫瘠化，加速人工草场退化，追施氮素化肥以增加土壤可利用氮素含量应该是延缓草场退化的重要措施之一。根据我们对不同退化程度人工草场土壤可利用氮素含量测定结果(张宝琛等 1990^a)，未退化人工草场土壤可利用氮素水平可达 114.7ppm；亚菊入侵后，草场土壤可利用氮素含量均不足 70ppm，因此，通过对草场土壤可利用氮素含量测定来监控土壤实际贫瘠化的发生是可行的，其保证草场稳定的可利用氮素标准(NH_4^+-N 与 NO_3^--N 总合)可暂定为不低于 100ppm 为宜，发现已低于此水平时需即时施肥补足。

4. 适时补播，以强化人工草场牧草更新能力。草场牧草植株密度可以高到 6000 株/ m^2 (以分蘖计算)而不表现任何退化迹象(张宝琛等 1989^a)。因此，当人工草场牧草密度过低时，适当补播对维持牧草密度是有益的。

5. 适时灭鼠以控制鼠害对人工草场的破坏。

杂类草入侵将给人工草场带来草原鼠害的破坏，被破坏的人工草场又有利杂类草蔓延，从而形成严重的恶性循环。因此，发现鼠类入侵时即时灭鼠应该是延缓披碱草人工草场自然退化的重要措施之一。

以上 5 项措施如能实行，应该能延缓高寒草甸垂穗披碱草人工草场自然退化速度，延长多年生人工草场的使用年限。关于上述措施的实践检验研究，目前正在海北永安城地区进行，结果将以论文形式报道。

参 考 文 献

- [1] 李家藻 1984 高寒草甸土壤氮素代谢微生物数量及活性的研究。高原生物学集刊, (3): 193—207。
- [2] 张宝琛等 1989^a 细叶亚菊入侵与高寒草甸垂穗披碱草人工草场自然退化现象的相关性调查。中国草地, (6): 24—28。
- [3] 张宝琛等 1989^b 生化他感作用与高寒草甸上人工草场自然退化现象的研究。生态学报, 9(2): 115—120。
- [4] 波爽, 丁, 1959. “土壤微生物分析技术手册”科学出版社。
- [5] Rice, E. L., 1984. “Allelopathy Academic” press inc.

THE PRELIMINARY PROBING INTO THE PHENOTYPES OF ALLELOPATHY AND THE RELATIONSHIP BETWEEN ALLELOPATHY AND THE NATURAL DEGENERATED PHENOMENON OF *ELYMUS NUTANS* ARTIFICIAL GRASSLAND

Zhang Baochen Bai Xuefang Tao Yanduo

Gu Lihua Zhen Runde

(*Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica*)

The study on the phenotypes of allelopathy on the degenerated artificial grassland and the relationship between allelopathy and the natural degenerated speed of *Elymus nutans* artificial grassland had been carried out from 1986 to 1989 on Haibei Research Station of Alpine Meadow Ecosystem. There are at least three phenotypes of allelopathy on artificial *E. nutans* grassland. They are interspecific alleloinhibition, intraspecific alleloinhibition and allelopathic effects of *Ajania tenuifolia* on nitrogen metabolic bacteria of soil. All these phenotypes of allelopathy can speed up the degenerated process of *Elymus nutans* artificial grassland.

According to the results investigated, five measures which are for controlling the degenerated process of *E. nutans* artificial grassland have been proposed as follows:

1. Choosing the strong forage grass breeds which can resist the invasion of *Ajania tenuifolia* to do mixed sowing with *Elymus nutans*.
2. Using herbicide to control the weed on artificial *Elymus nutans* grassland.
3. At the right moment applying nitrogen chemical fertilizer to increase the level of NH_4 or NO_3 for growing of *Elymus nutans*.
4. At the right moment supplying sowing *E. nutans* seeds.
5. At the right moment kill the mouses to control rat disaster.

Key words Allelopathy Artificial grassland Phenotype Natural degeneration

两种云南龙脑香属植物树脂精油的倍半萜成分及其季节性变化

王锦亮 丁靖培 程治英 杨崇仁

(中国科学院昆明植物研究所植物化学开放实验室)

摘要 应用 GC 和 GC/MS/DS 分析了羯布罗香(*Dipterocarpus tubinatus*) 和云南龙脑香(*D. retusus*) 两种龙脑香科植物树脂精油的倍半萜类成分, 猶布罗香树脂精油的主要成分为 δ -榄香烯, α -古芸烯, γ -木罗烯和 α -杜松烯, 其中 α -古芸烯的相对含量最高。云南龙脑香树脂精油中则以别芳萜烯和 α -蛇麻烯为主要成分, 别芳萜烯相对含量最高。羯布罗香树脂精油中 δ -榄香烯, α -古芸烯, γ -木罗烯, α -杜松烯、 β -澄澈烯和 γ -榄香烯的相对含量有明显季节变化, 但是精油的倍半萜类成分的组成没有季节差异。这两种植物的树脂精油均有明显抗菌活性。

关键词 树脂精油 倍半萜类化合物 气相色谱-质谱分析 龙脑香料 猶布罗香 云南龙脑香

龙脑香科植物共有15属约580种, 广布于亚洲、非洲及南美的热带地区, 其中大部分为东南亚热带雨林中最为繁茂、最具代表性的上层建群树种^{[1-3][1,4,10]}。我国的云南、广东和广西为龙脑香料植物分布的北缘, 至今已发现有5属14种, 它们对我国热带植被和植物区系的研究有着重要价值。

羯布罗香(*Dipterocarpus tubinatus* Gaertn. f.) 和云南龙脑香(*D. retusus* Bl.) 均为高大乔木。羯布罗香是印缅热带雨林的主要树种, 在我国仅西双版纳景洪县、勐腊县有零星分布, 现已引种栽植于庙宇旁。由于得到保护逐步发展为小片林地。云南龙脑香的分布区从爪哇婆罗洲、马来西亚, 经中印半岛至我国云南西南部, 在云南主要分布于红河流域的河口、马关、屏边、金平、绿春、江城等县和西南部盈江县的大盈江流域^[3]。这两种龙脑香科植物的树干分泌的树脂具芳香性, 有防腐作用, 通常称为达马树脂。龙脑香科植物树脂的化学成分虽已有不少研究, 但是羯布罗香和云南龙脑香树脂精油的成分尚未见报道, 本文报道这两种热带植物树脂的精油成分并讨论产脂量及精油成分与采收季节的关系。

材料和方法

云南龙脑香树脂取自云南勐仑西双版纳热带植物园一株大树(树干离地面1.2m处的胸围为1.61m)。在树干离地面0.61m处割取二条割面, 其夹角为40°或V字形, 割面长分别为23cm和25.5cm, 割面宽为1.5cm, 在二条割面的交点处收集树脂。每日上午在树干割面刮取树脂一次, 每7d用胶刀刮净割面一次, 按月统计树脂产量。采集树脂时间从1986年12月1日—1987年12月31日。

羯布罗香树脂样品取自云南景洪县曼费寨, 分别于1986年10月和1987年5月取样于相同的四株多年栽培的羯布罗香大树(离地面1.5m处植株胸围为0.84~0.95m)。在离地面1.5米处树干的一个直径约10cm深度为5cm的洞穴内收集自然分泌的树脂。

一、树脂精油的制备^[6]

取云南龙脑香树脂50g(1987年1月采),用300ml石油醚(60~90℃)提取,离心弃残渣,石油醚提取物加150ml水和35gNaCl,在油浴上蒸馏,收集精油。羯布罗香油状树脂在油浴上直接蒸馏收集精油,制得精油均为黄色液体。

二、精油的分析

气相色谱:岛津GC-9A;SE-54石英毛细管柱;30m×0.25mm(美国J&W公司);柱温80~200℃,程序升温3℃/min,进样器温度230℃,进样量0.2~0.25μl;检测器:FID。

色谱—质谱:仪器为Finnigan 4110 GC/MS/DS;色谱条件同上;EI;电子能量70eV,灯丝电流0.25mA;倍增器电压1200V。数据处理使用INCOS系统。各分离成分首先通过NIH/EPA/MSDS计算机谱库(美国国家标准局NBB LIBRARY谱库)进行检索,并参照有关文献^[5],对各质谱图进行解析。

三、生物抗菌试验

在马铃薯培养基中分别接入黄曲霉(*Aspergillus flavus*)、微紫青霉(*Perucilliums anthinellum*)以及在西双版纳石灰岩森林群落中分离得到的X-8霉菌、X-3霉菌、X-6霉菌和X-9霉菌,倒成平板。在营养琼脂培养基中分别接入大肠杆菌(*Escherichia coli*)、金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus ourcus*)。倒成平板。用灭菌的滤纸片沾取2.5%浓度的试测样品分别放入不同菌种的培养皿中,在28℃温度下培养2~3d。

结果观察:以空白滤纸片作对照。测量抑菌圈大小(以厘米为单位)。

结果与讨论

1. 云南龙脑香全年单株产树脂达1970.2g,年中树脂的产量随季节的变化有明显差异(表1,图1)。显然,树脂的分泌受温度、水分等气候因素的影响。西双版纳地区属季节性热带雨林气候,全年可分为干热、干冷和雨季,干冷季节气温较低,尽管降雨量少,但因浓雾的关系,相对湿度仍然很大。云南龙脑香的树脂产量,以雨季最高,干冷季次之,并与雨季相近,干热季的产脂量最低。这说明,在当地气候条件下,与气温相比,湿度是产脂量的主要限制因子。干热季产脂量的锐减,也可能是生长在热带雨林中的云南龙脑香在其分布区的比缘对气候变化的一种生态适应。

2. 根据总离子流图,从云南龙脑香树脂精油中检出20个成分,经色谱、质谱分析,

表1 云南龙脑香不同季节的树脂产量

Table 1 The oleoresin yield of seasons from *D. retusus*

季节 seasons	温度 temperatuae (℃)	相对湿度 relative humidity (%)	降水量 rainfall (mm)	树脂产量 oleoresin yields (g)
干热季(3~5月) dry hot season	20.6~27.0	75~80	24.6~114.8	317.4
雨季(6~10月) rain season	23.7~26.3	86~90	30.2~292.4	860.1
干冷季(11~2月) dry cold season	14.9~21.2	85~90	0.9~99.6	792.7

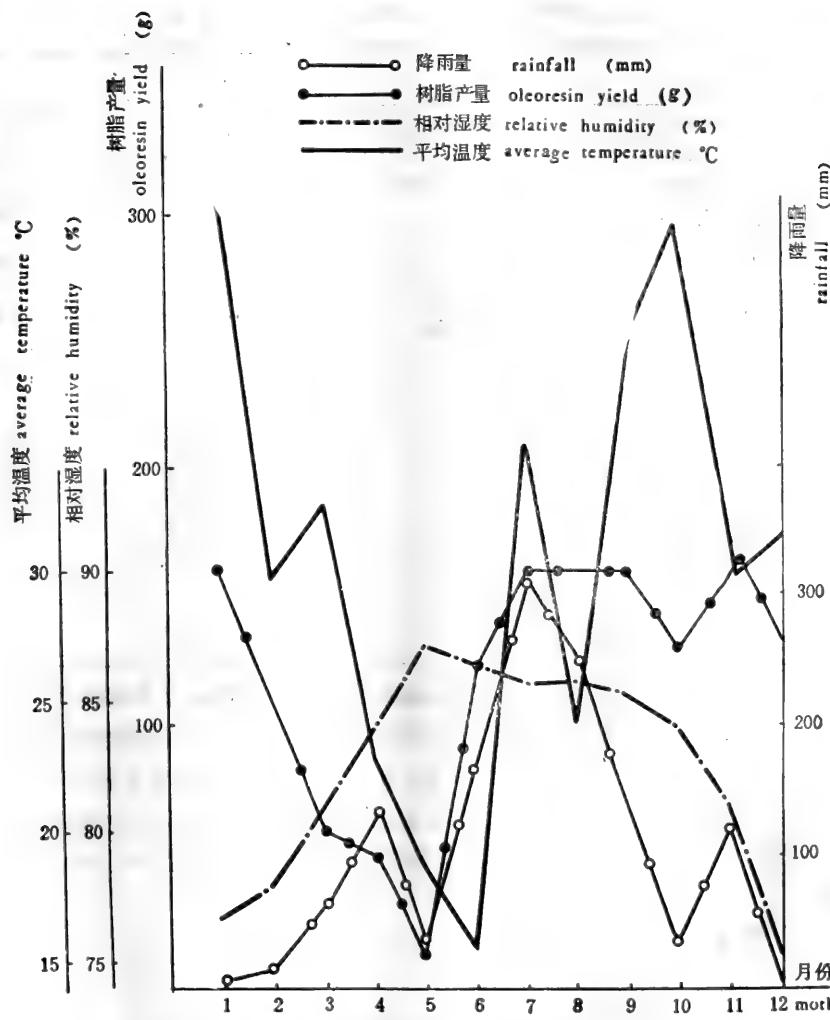


图 1 云南龙脑香各自树脂产量
Fig. 1 The oleoresin yields of *D. retusus* in every month in 1987

鉴定了 9 个化合物, 占相对含量的 73.61%。其中, 以别芳萜烯和 α -蛇麻烯为主要成分(表 2)。从羯布罗香树脂精油中检索出 28 个成分, 鉴定了其中的 15 个化合物, 占相对含量的 92.25%, 而以 δ -榄香烯、 α -古芸烯、 γ -木罗烯、 α -杜松烯为主要成分(表 3)。显然, 二者树脂精油的化学组成有明显的差异。已报道同属植物 *D. pilosus* 树脂精油的主要成分是石竹烯·蛇麻烯及其氧化物^[6], 也有别于云南龙脑香和羯布罗香。由此看来, 龙脑香属植物树脂精油的化学组成是随着种类而变化的, 这一化学特征, 可能具有分类学的意义。此外, 从离子流图和色谱质谱提供的数据, 云南龙脑香树脂精油中含氧倍半萜类化合物的含量占 18.45%, 已报道的 *D. pilosus* 树脂精油中也含有较多的含氧倍半萜类化合物^[6], 后者产于印度北部, 也属龙脑香科植物分布的北缘。联系到我们从云南龙脑香和羯布罗香树脂中发现一些多氧的三萜^[2]和倍半萜类化合物, 与已报道的龙脑香科植物的化学成分相比较, 很可能该科植物树脂的化学成分, 随着纬度的升高, 氧化程度有增加的趋势。这也可能是这一类典型的热带植物从其分布区的中心向北扩散过程中的一种生态—化学响应。

表 2 云南龙脑香树脂精油的化学成分及其含量

Table 2 The chemical constituents and their content of the essential oil from the oleoresins of *D. retusus*

峰号 peak No.	化合物 compounds	保留时间 retention times(min)	含量 contents(%)
1	丁酮-2 butanone-2	3.605	少量
2	6-甲基-5-庚烯-2-酮 6-methyl-5-hepten-2-one	6.750	0.062
3	2,4-二甲基-庚二烯醛 2,4-dimethyl-hept-2-enaldehyde	17.395	少量
4	δ-榄香烯 δ-clemene	19.670	1.418
6	芳萜烯 aromadendrene	22.690	0.846
7	别芳萜烯 allo-aroma dendrene	23.620	57.442
8	α-蛇麻烯 α-humulene	24.865	12.754
9	γ-木罗烯 γ-muurolene	25.780	0.917
20	邻苯-二甲酸二丁酯 o-phthalic acid dibutylester	42.400	0.176

3. 从羯布罗香干季和雨季树脂精油的总离子流图, 可观察到西双版纳景洪地区干季和雨季气候变化并没有引起树脂精油组成的变化, 而只影响主要成分的相对含量, 特别是 α -古芸烯、 δ -榄香烯、 α -杜松烯、 γ -木罗烯、 β -澄淑烯和 γ -榄香烯的相对含量有明显的变化(见图2)。Langenheim, J. H.等^[3,7-9]认为豆科的 *Hymenaea* 属和 *Copaifera* 属树脂成分的变化是受遗传基因型控制的光, 温, 季节等的变化并不能导致植物基因型的改变, 羯布

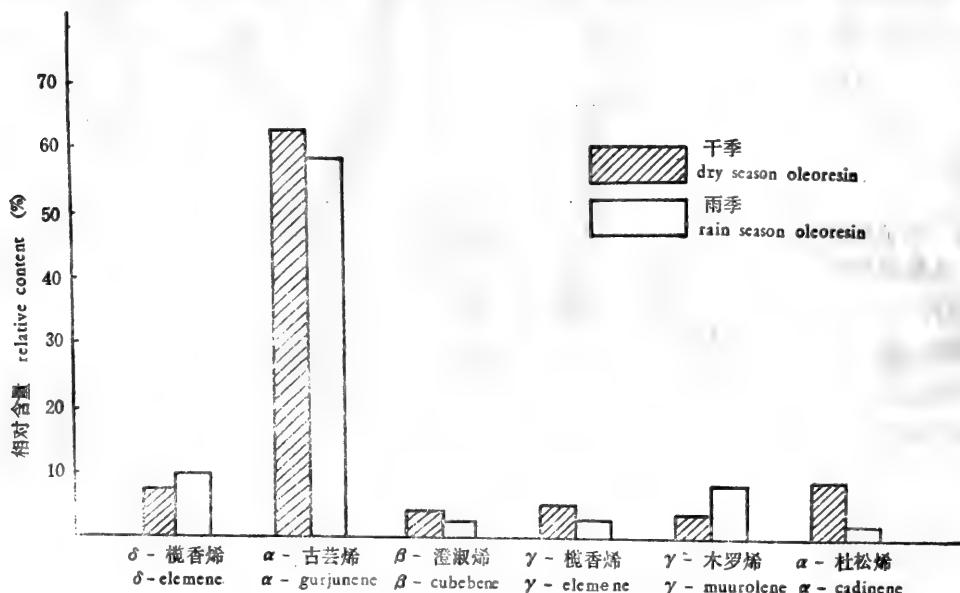


图 2 羯布罗香树脂精油主要成分的季节变化

Fig. 2 Some sesquiterpenes contained in the oleoresin of dry season and in the oleoresin of rain season in *D. tubinatus*

表 3 羯布罗香树脂精油化学成分及含量

Table 3 The chemical constituents and their content of the essential oil from the oleoresins of *D. tubinatus*

峰号 peak No.	化合物 compounds	保留时间 retention times(min)	含量 contents(%)	
			干季树脂 dry season resin	雨季树脂 rain season resin
1	δ -榄香烯 δ -elemene	18.617	6.9779	9.2280
2	α -澄淑烯 α -cubebene	19.000	0.1002	0.1137
5	α -胡淑烯 α -capaene	20.150	0.7439	0.7602
6	β -榄香烯 β -elemene	20.808	0.5906	0.5779
7	α -古芸烯 α -gurjunene	21.950	61.5367	58.0957
8	β -澄淑烯 β -cubebene	22.142	3.1575	2.2326
9	γ -榄香烯 γ -elemene	22.525	3.6426	2.0044
12	β -古芸烯 β -gurjuene	23.725	1.4257	1.9489
13	α -布勒烯 α -bulnesene	24.167	2.1787	2.9707
14	γ -木罗烯 γ -muurolene	24.625	2.6338	6.4645
16	α -杜松烯 α -cadinene	25.225	6.9209	1.2974
17	γ -杜松烯 γ -cadinene	25.817	0.5835	0.4339
18	δ -杜松烯 δ -cadinene	26.158	1.6927	1.4199
27	杜松烯 juniper camphor	32.150	0.0624	0.0791
28	邻苯二甲酸二丁酯 o-phthalic acid dibutylester	40.833	—	0.2430

罗香树脂精油成分的季节性变化与 *Hymenaea* 属和 *Copaifera* 属植物树脂有相同现象。

4. 云南龙脑香树脂精油, 羯布罗香的干季和雨季树脂精油对金黄色葡萄球菌、黄曲霉菌、微紫青霉、大肠杆菌等菌种有明显抑制作用, 其中龙脑香树脂精油对微紫青霉的抑制活性更为突出(表 4)。羯布罗香的干季和雨季树脂精油的抑制活性没有明显差异, 西双

表 4 羯布罗香和云南龙脑香树脂精油抗菌活性

Table 4 The antibacterial activity of essential oil from oleoresin of *D. tubinatus* and *D. retusus*

样 品 Sample	金黄色葡萄球菌 <i>S. aureus</i> (cm)	大肠杆菌 <i>E. coli</i> (cm)	黄曲霉菌 <i>A. flavus</i> (cm)	微紫青霉 <i>P. anthinellum</i> (cm)	X-8霉菌 (cm)	X-3霉菌 (cm)	X-6霉菌 (cm)	X-9霉菌 (cm)
I	1.8	1.2	1.2	1.5	1.3	—	1.4	1.5
II	1.5	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.5	1.5
III	1.5	1.2	1.0	1.8	1.2	—	1.1	—

I: 羯布罗香干季树脂精油(The oleoresin essential oil in dry season from *D. tubinatus*)

II: 羯布罗香湿季树脂精油(The oleoresin essential oil in rain season from *D. tubinatus*)

III: 云南龙脑香树脂精油(Oleoresin essential oil from *D. retusus*)

•: X-8, X-3, X-6, X-9霉菌系勐仑石灰岩热带雨林中分离到的菌种, 待定名(X-8, X-3, X-6, X-9 mycelia isolated from the karst tropical rain forest in Menglun, China)

版纳傣族群众喜欢采集干季树脂作为药用和涂于缅寺经书来防腐防虫，可能由于习惯和气候的关系。

致谢 本项工作一直得到周俊研究员的指导和帮助。本文全部 GC 和 GC/MS/DS 数据由本室物理分析仪器组测定。生物抗菌活性试验由云南省微生物研究所马苹同志测定。

参 考 文 献

- [1] 王达明, 杨绍坛, 朱荣兴. 1985; 云南的龙脑香林. 植物生态学与地植物学丛刊, **19**(1):32—44.
- [2] 王锦亮, 李兴存, 熊江等. 1991; 云南羯布罗香树脂的化学成分. 云南植物研究 **13**(3):335—340.
- [3] 王锦亮, Langenheim JH. 1990; *Hymenaea* 和 *Copatjera* 幼树叶内倍半萜类化合物昼夜季节性变化. 云南植物研究, **12**(1):85—91.
- [4] Ashton P. S. Flora malesiana. 1982. Martinus Nijhoff Publishers, **19**: 2.
- [5] Heller S R, George W. A. 1980. EPI / NIH mass spectral data base, Vol 1—4, Sup. I, Usgpo, Washington.
- [6] Gupta A S, Sukh Dev. 1971; Studies in sesquiterpenes XLVI sesquiterpenes from the oleoresin of *Dipterocarpus pilosus*, humulene epoxide-III, caryophyllenol-I and caryophyllenol-II. *Tetrahedron* **27** (3): 635—644.
- [7] Langenheim JH. 1984. The roles of plant secondary chemicals in wet tropical ecosystems. In: *Physiological Ecology of Plants in the Wet Tropics*, ed. E. Medina, H. A. Mooney, and C. Vasquez-Yanes Junk, 189—208.
- [8] Langenheim J H, Convis C L, Macedo C A, et al. 1986 *Hymenaea* and *Copatjera* leaf sesquiterpenes in relation lepidopteran herbivory in southeastern. *Brazil. Syst. Ecol.* **14**: 41—49.
- [9] Langeheim J H. 1990. Plant resins. *American Scientist* January-February: 16—24.
- [10] Richard PW. 1959. 热带雨林(张宏达等译). 北京: 科学出版社。

THE SESQUITERPENES AND THEIR SEASONAL VARIATIONS IN THE OLEORESIN ESSENTIAL OILS FROM TWO SPECIES OF DIPTEROCARPUS IN YUNNAN

WANG JinLiang, DING Jingkai; Chen ZhiYing, Yang Chongren
(*Laboratory of phytochemistry, Kunming Institute of Botany, Academia Sinica*)

The sesquiterpenes of the oleoresin essential oils of *Dipterocarpus tubinatus* and *D. retusus* were analyzed by GC and GC / MS / DS for relative contents and seasonal variations. The main compounds in the oleoresin essential oil of *D. tubinatus* are δ -elemene, α -gurjunene, γ -murolene, α -cadinene, and the α -gurjunene relative content is highest. Then, the main compounds in oleoresin essential oil of *D. retusus* are allo-aromadendrene and α -humulene, and the allo-aromadendrene relative content is highest. Seasonal variations were different at highly levels for δ -elemene, α -gurjunene, γ -murolene, α -cadinene, β -cubebene, γ -elemene between the oleoresin essential oil collected in dry season and the oleoresin essential oil collected in rain season of *D. tubinatus*. But the composition of the oleoresin essential oil of *D. tubinatus* was not affected by season. The oleoresin essential oils of both *D. tubinatus* and *D. retusus* had obvious activity in antibacterial test.

Key words Oleo-resin essential oil Sesquiterpene GC-MS *Dipterocarpaceae*

昆虫信息素研究方法论

I. 微量分析技术

杜家纬

(中国科学院上海昆虫研究所)

摘要 在纳克 (ng) 水平上鉴定昆虫性信息素多元组分的化学结构需要特殊的技术。首先, 采用单个信息素腺体和单个雌蛾的信息素空气收集技术获得能剖解出雌蛾释放出多少个化合物的清晰色谱图。随后再利用微化学反应, 色谱保留时间指数, 色质联用等方法并组合 EAG 及风洞研究来阐明昆虫信息素的多元组分。在本实验室中, 我们建立和改进了多种用于这类研究的技术和装置, 诸如单个雌蛾的信息素空气收集方法, 毛细管色谱馏份收集技术, 单个信息素腺体抽提物的分析, 微化学反应等等。本文总结和介绍我们实验室中所使用的微量分析技术及其操作。

关键词 昆虫性信息素方法论 微量分析技术 毛细管色谱辅助技术

前 言

近年来, 昆虫信息素的基础研究获得迅速发展, 特别在信息素的化学, 信息素通讯系统的遗传控制, 调控信息素生物合成的信息素激活神经肽, 乃至化学通讯系统的进化等研究方面。在这些研究领域中, 人们不难发现超微量化学分析技术起着相当重要作用。较为典型的例子就是第一个昆虫性信息素——蚕蛾醇的化学结构鉴定, 历时20余年, 耗用虫源达50万头^[1], 而当今可以仅用数天时间和几百个雌蛾就可以完成卷叶蛾科或夜蛾科昆虫性信息素多元组分的化学结构鉴定及其精确比例。又例采用单个雌蛾的信息素空气收集和分析技术研究了单个雌蛾的信息素化学通讯系统的重现性和个体差异, 为信息素通讯系统的遗传学研究奠定了基础^[10]。

本文较全面地介绍近十年我们在昆虫信息素研究中发展和所建立起的多种超微量分析技术和方法, 其中包括单个雌蛾的信息素取样方法和分析技术, 毛细管色谱超微量定性辅助技术等。

一、昆虫信息素多元组分的化学结构鉴定方法概述

70年代初叶, 采用红外、核磁、紫外和质谱来鉴定一个未知化学结构至少需要 100 μg 纯样量才能完成。到80年代初, 由于高性能高灵敏测量仪器的出现, 使测定一个化学结构的纯样需要量下降至 5 μg , 而化学结构测定过程中的样品转移和处理是研究人员碰到的最复杂而又最关键问题^[13]。目前, 采用几个毫微克就能得到一张GC-MS 全谱, 使用微型池的弗里哀转换红外光谱仪需用量也大幅度下降至几十个纳克, 超导核磁的出现大大改善了原有的分辨率和灵敏度。

20多年来, 尽管化学结构鉴定技术和仪器获得迅速发展, 然而采用这些现代化的经典方法还是难于适应昆虫信息素的研究。其主要原因是 1) 必须饲养或收集大量虫源才能获取几十微克的纯样品; 2) 昆虫信息素通讯系统是由多元组分按精确比例所组成, 且主级成分

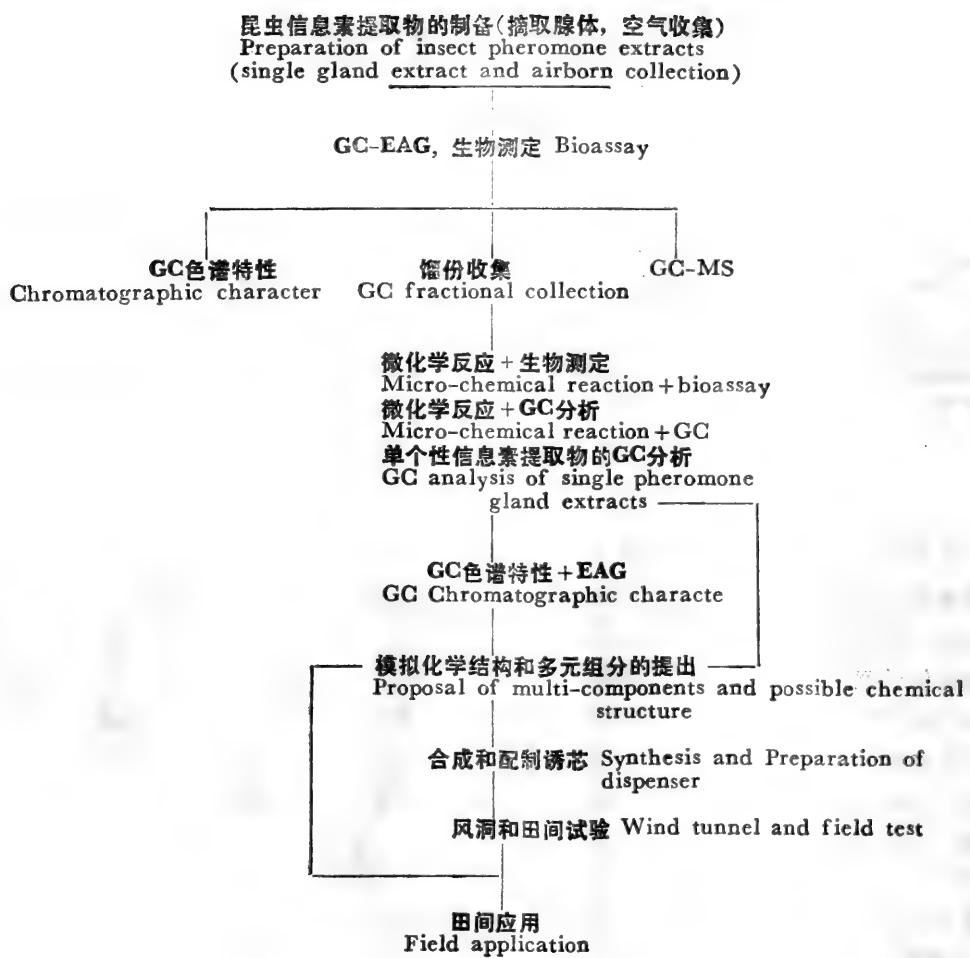


图 1 鳞翅目昆虫多元性信息素组分的化学结构鉴定方法示意图

Fig. 1 Methodology of chemical identification of sex pheromonal multi-components in Lepidopteran insect

具活性，而次要组分单独并不显示活性等，给经典方法造成很多困难。为了鉴定昆虫信息素这类微量活性物质的化学结构以及研究它们在遗传学，生理学，生态学和进化中的作用，我们通常采用以毛细管色谱分析及其辅助技术为主导的超微量定性和定量方法。这些技术和方法均能在纳克级水平上满意地工作。图1列出了毛细管色谱辅助技术在昆虫性信息素化学结构鉴定中的应用示意图4—6。

性信息素多元组分化学结构鉴定的基本过程是采用单个雌蛾性信息素腺体和空气收集方法等取样手段获取有效提取物；使用高效毛细管色谱分析，毛细管馏份收集技术，微化学反应和触角电位等技术进行结构剖析，根据测定结果提出信息素多元组分的模拟系统；随后合成和配制诱芯，用风洞实验加以验证和求得最佳系统；最后进行田间诱捕试验和应用。采用上述化学结构鉴定技术和方法具有使用虫源少，能精确地获得性信息素多元组分的精确比例，且研究周期短等优点。

二、超微量色谱分析的实验操作

超微量色谱分析的实验操作是一项超净技术。在昆虫信息素的色谱定性定量分析中，通常容易忽略的问题有微量注射器的清洗，溶剂的处理，微量玻璃器皿的清洁和色谱柱的污染等。

1. 溶剂的处理和判断方法

采用蒸馏或通常的化学处理方法取得超净溶剂。鉴别超净溶剂的方法是将 $100\mu\text{l}$ 溶剂置于尖底微型指管内，在氮气流下浓缩到约 $5\mu\text{l}$ ，一次进样分析而无杂质色谱峰出现为合格。分析时，毛细管色谱仪的灵敏度应置于 1ng 时为满度响应。例如市售正己烷需经二次蒸馏后才能用于昆虫信息素的研究中，否则溶剂中的痕量杂质会通过浓缩而产生严重的干扰，直接影响定性和定量分析。溶剂杂质的干扰是多数研究者使用单腺体技术失败的主要原因之一。

2. 微量注射器的清洗

进样完毕后，应取下注射塞用溶剂淋洗，而注射器筒体则采用接在水泵上抽吸溶剂的方式进行清洗。这种清洗方式绝对保证注射器清洁，不会因微量注射器清洗不妥而产生污染。

3. 微量玻璃器皿的清洁

经洗洁的玻璃器皿，诸如毛细管收集管，空气收集用玻皿等，应置于 250°C 高温下老化清洁 2h 。取出后应立即置于干燥器内冷却和贮存，避免冷却时玻璃表面吸附空气中的污染物而产生不必要的污染。

4. 样品的保存

对于微量而体积仅仅 $10\sim100\mu\text{l}$ 样品溶液的保存，一般采用将上述样品溶液置于尖底指管内，随后再将尖底指管放入含有数百微升相同溶剂的带密封螺帽的样品瓶内，由于溶剂蒸气压相同，可保持尖底指管内样品溶液的体积不变，见图2。采用这种保存方法可将数十微升的样品溶液置于室温内数日而体积不变。样品瓶可采用 4ml 体积的液体色谱用样品瓶。

5. 色谱仪的运转

一般用于昆虫信息素研究用的毛细管色谱仪应 24h 连续运转，以保持仪器趋于稳定和高灵敏度状态，保留时间的误差 $<0.04\%$ 。

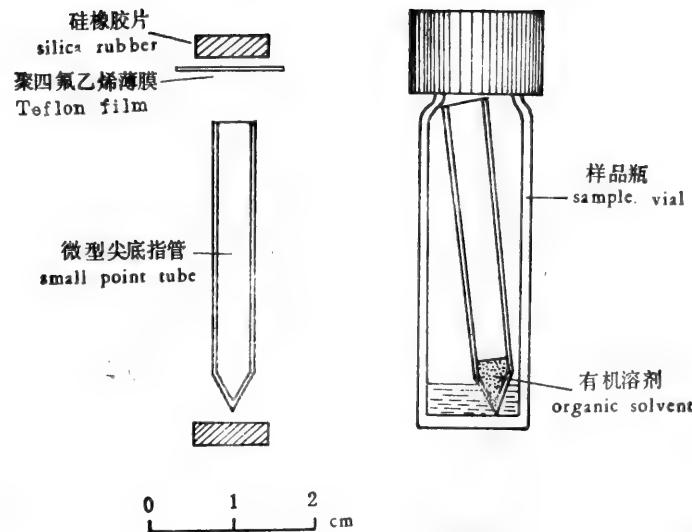


图 2 微量实验操作用的微型尖底指管及活性提取液的保存技术

Fig. 2 Small point tube for micro-chemical experiments and active sample storage technique

三、取样技术

在昆虫信息素化学结构研究中，取样技术甚为重要。所设计的取样技术以能获得目标化合物量最多而干扰物质尽可能少的方法为最佳。通常采用两种较为理想的取样技术：信息素腺体溶剂提取法和空气收集法。采用上述两种取样技术均能得到干扰物质很少的信息素提取物^[2-4]。

1. 信息素腺体溶剂提取法

一般，鳞翅目雌蛾在求偶期产生较多量的性信息素。因此，雌蛾性信息素腺体的摘取

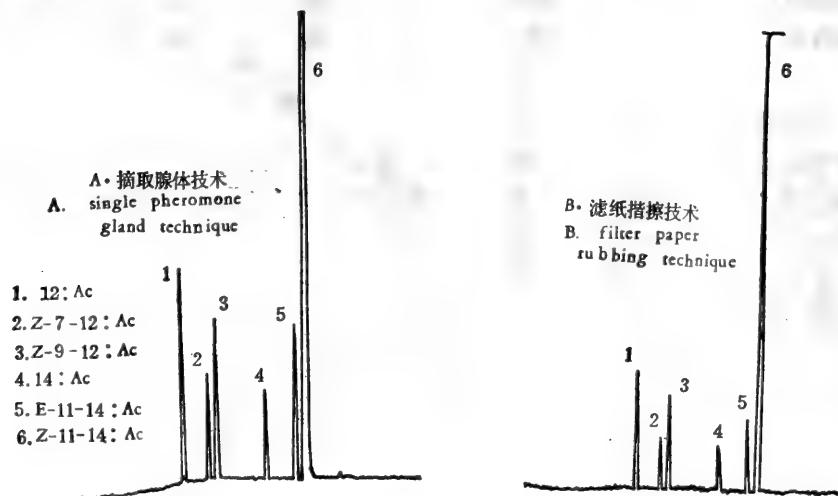


图 3 采用摘取腺体和滤纸取样技术所获得的红带卷叶蛾性信息素的毛细管色谱分析结果

Fig. 3 Capillary GC analytical results of redbanded leafroller moth's pheromone extracts by using single pheromone gland and filter paper rubbing technique.

应取正在求偶的雌蛾。抽提前的样本制作技术可以采用直接摘取信息素腺体浸泡于正己烷溶剂中或采用滤纸碰擦信息素腺体，随后将滤纸用正己烷抽提。

直接摘取信息素腺体的方法是用手指轻轻压挤雌蛾腹端，迫使产卵器外伸，此时可见位于第8和第9节节间膜处外翻的性信息素腺体，仔细用眼科虹膜剪沿第8节剪取带性信息素腺体的产卵器，置于滤纸上，压挤去除体液，随后将产卵器置于含正己烷溶剂的尖底微试管中，浸泡1h左右。也可将所摘取的产卵器置于滤纸上用昆虫解剖刀去除非性信息素腺体部份组织，以尽可能地减少干扰物质。有些鳞翅蛾目雌蛾经压挤腹部后可见性信息素腺体外翻，诸如桑磺，葡萄透翅蛾等，则可直接用尖锐摄子摘取性信息素腺体。图3为采用上述技术所获得的单个红带卷叶蛾性信息素提取物的毛细管色谱分析结果。

采用滤纸碰擦腺体的操作方法是用小三角滤纸的尖端轻轻碰擦外翻的性信息素腺体，随后剪取滤纸尖端浸入正己烷中。采用上述滤纸取样技术对亚洲玉米螟和红带卷叶蛾的性信息素进行分析获得了较好的结果(唐贤汉，杜家纬等，未发表资料)。见图3。这项技术除能获取雌蛾腺体表面释放的性信息外，还能保持被测雌蛾成活，业已被美国康乃尔大学Roelofs教授的研究组用于人工选择红带卷叶蛾H和L品系的研究中。

2. 空气收集法

昆虫信息素是雌蛾释放到空间中召唤雄蛾的一种生物活性物质。因此，采用特殊装置和技术收集雌蛾释放至空间中的性信息素是一种获取高纯度活性物质的超净技术。采用这种技术可测定单个雌蛾的性信息素释放率，诱芯的释放率，以及进行多元组分的化学结构鉴定研究等。

空气收集装置见^[6, 10]图4。

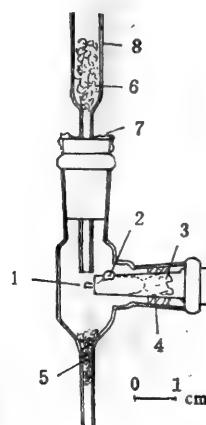


图4 空气收集装置

Fig. 4 Device for collection of airborne

1.信息素腺体 pheromone gland; 2.棉花球压挤孔 extrusion hole with cotton plug; 3.雌蛾固定管 extrusion tube; 4.橡皮密封圈 rubber seal; 5-6. 玻璃毛 glass wool; 7.用铝箔包裹的橡皮塞 rubber septum wrapped with aluminium foil; 8.玻璃滴管 pasteur pipette

其操作方法是将雌蛾置于固定管内，轻轻压挤雌蛾使其产卵器刚伸出固定器小孔让腺体外翻，随后置于收集器内。操作时将玻璃毛细管内流出的清洁N₂直接吹向性信息素腺体(气流的线速度为0.2~0.4m/s)，用活化过的玻璃棉吸附氮气流中的性信息素。收集时间

一般为10~30min。操作完毕,用50~100 μ l正己烷将吸附于玻璃棉中的性信息素洗涤下来。操作时,所有器皿,溶剂,微型尖底指管,玻璃棉,注射器等必须十分清洁,否则很容易污染。

四、毛细管色谱定性辅助技术

昆虫信息素研究中通常采用的毛细管色谱辅助技术包括:纳克级馏份收集,微化学反应,GC-EAG等。

1. 毛细管馏份收集技术

为了鉴定毛细管色谱分析中某些未知色谱峰的化学结构参数,必须将未知色谱峰收集下来进行微化学反应。由于毛细管色谱峰尖锐和单位时间内的峰容量大,采用一般的色谱馏份收集方法,例如冷凝或吸附剂收集法,都难于奏效。因此,用于毛细管色谱的馏份收集技术必须能在纳克级水平上工作,且操作要简便,并能在1min内连续收集6个馏份。

ng级毛细管馏份收集方法可采用下述两种装置和技术:(1)采用长为20~30cm,直径为1~2mm的玻璃毛细管作为馏份收集管,直接插在熄火的氢焰喷口上,按保留时间收集目标色谱馏份。随后用30~50 μ l正己烷将玻管所吸附的馏份洗涤下来。采用这种技术的馏份收集回收率可达60%,装置见图(5A)。其缺点是易于污染检测器喷口;(2)按图(5B)在HP-5980毛细管色谱仪顶部可在空余进样器的部位装上一个控温加热器,加热器温度控制在200℃左右。操作时将毛细管柱出口端插入加热器并使柱端露出约0.5~1.0mm。操作时,按时插上玻璃收集管进行馏份收集。

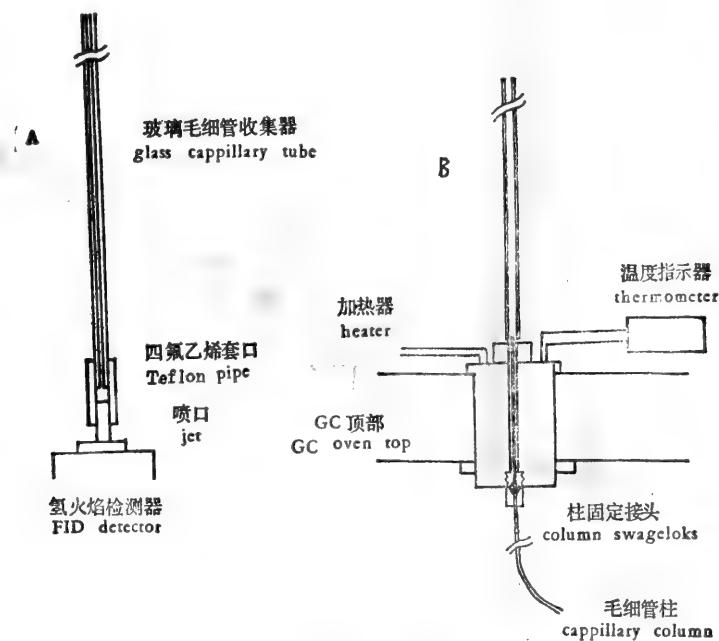


图 5 毛细管色谱馏份收集装

Fig. 5 Device for collection of capillary GC fractions

采用上述两种方式均可收集毛细管色谱分析中峰基宽大于6s以上的色谱峰。玻璃毛细

管收集器在使用前必须经清洁处理，并在250℃温度下活性1~2h，贮于干燥器内备用。馏份收集完毕，须将毛细管收集管用铝箔包裹置于冰箱中30min后才能用溶剂将所收集馏份洗涤下来，否则回收率较低。

2. 微化学反应

迄今为止，大多数鳞翅目蛾类的性信息素化合物的末端功能团为醇，醋酸酯，醛；其碳链长度为10~18个碳原子，带有1~3个不饱和双键。因此，采用微化学反应很容易确定活性色谱峰的末端功能团，双键位置和碳链长短。

末端功能团的判断 用于信息素化学结构研究中的微量化学反应有皂解，乙酰化，氧化和苯肼反应等。反应产物用EAG和生物测定监察其活性存在与否，或根据反应产物的保留时间和色谱特性的变化来判断活性组分之功能团。微化学反应的灵敏度为~1ng。

微化学反应的操作均在尖底微型指管内进行。将被测样品溶液置于指管内，用氮气缓缓吹去溶剂，随后加入30~50μl配好的反应试剂。在室温下静置0.5h，再用正己烷提取反应产物。提取液稍经浓缩后直接注入毛细管色谱内进行分析。常见的微化学反应见表1。

表 1 末端功能团测定的微化学反应

Table 1 Micro-chemical reactions in the determination of terminal groups

末端功能团 Terminal group	微化学反应 Micro-chemical reaction	方法 Methods	分析结果 Analytical results
酰基 Acyl-	皂化 Saponification	用5%KOH醇溶液处理试样 treated with 5%KOH-MeOH	峰漂移 Peak shifting
-OH	酰化 Acetylation	加一滴酰氯处理试样 treated with a drop of acetyl chloride	峰漂移 Peak shifting
双键 Double bond	溴化 Bromination	加一滴溴-四氯化碳溶液 treated with a drop of bromine-tetracol	峰漂移 Peak shifting
醛，酮 aldehyde, Keto-	苯肼 Phenylhydrazine	加一滴2, 4-二硝基苯肼溶液 treated with a drop of 2, 4-DNP	峰消失 Peak disappear

常见的微化学反应有两种，水解和乙酰化。乙酰化则是向含被测样品的微型指管内滴加一滴乙酰氯（或丙酰氯，丁酰氯），置于通风橱内静置1~2h，随后用氮气缓缓吹去反应试剂，再用正己烷溶解反应产物，此时反应产物为醋酸酯，或丙酸酯，或丁酸酯。水解则是向被测样品的微型指管内加50μl10%KOH/MeOH溶液，在室温下静置2小时。随后加50μl水，50μl1.0mol/L盐酸和50μl正己烷，振荡抽提，吸取正己烷层进行GC分析。

此外，这类微化学反应还有碱性甲基化，氧化等反应等。

碳链长短的测定 采用微量氢化反应将不饱和化合物转换成饱和化合物，则根据一系列不同碳链的饱和醇，醛和醋酸酯化合物的保留时间可推算出被测样品的碳链长短。其方法是将约1mg的PdO填入直角形的玻璃毛细管（内径0.5~1mm，长5~6cm），用小火加温使PdO粘附在管壁上，用溶剂吹去多余的PdO，随后通入氢气1~2min。使Pd催化剂吸附足量的氢，接着将含被测试样的乙醚溶液加至具催化剂的弯角处，待10~30min后取出部分乙醚溶液进行色谱分析，见图6^[8]此外，也可以使用色谱定性辅助技术中的碳架分析技术^[11]。



图 6 微量氢化反应技术
Fig. 6 Micro-hydrogenation reaction

和一系列具单个或两个双键且不同碳链长短的醇，醋酸酯和醛在极性和非极性柱上的标准保留值相比较，即可得出被测化合物的准确双键位置。采用这种技术需拥有丰富的样品库和建立色谱数据库。目前，国外许多公司出售几百种昆虫信息素系列产品的标样，每瓶包装为毫克级，价格也较便宜，因此很容易建立起这类化合物的标样库。

其次，采用微量臭氧解反应，使带双键的化合物生成臭氧加成物，再用三苯膦还原臭氧加成物成醛或酮，根据裂解的醛或酮之产物来确定双键位置。最简单的操作方法是将被测样品置于-50℃二硫化碳溶剂中，随后通入臭氧O₃约30s。直接将含反应产物的二硫化碳溶液注入GC-MS中，直接可以测知裂解产物醛和酮。

此外，用GC-MS分析测定单不饱和的10~18碳烯醋酸酯和二甲基二硫化物形成的衍生物，根据有规律的裂解离子碎片确定其双键位置^[12]。

3. 色谱—触角电位(GC-EAG)

昆虫触角电位是利用离体昆虫触角对信息素活性组分的一种高灵敏电生理反应，其装置请参见文献^[1]。采用毛细管色谱馏份收集技术按色谱峰时间段收集馏份，再用EAG逐一测出活性组分的色谱特性，结合信息素系列化合物的标准色谱保留时间数据能很快判断出活性组分的可能化学结构^[7]。

参 考 文 献

- [1] 杜家纬。1979。高速液体色谱的一种新型生物检测器—昆虫触角电位仪的研制。分析仪器。6: 52-56。
- [2] 杜家纬, G. E. Ling., W. L. Roelofs. 1984. 红带卷叶蛾新信息素品系的人工选择。昆虫学研究集刊。第四集, 53-56. 上海科学技术出版社。
- [3] 杜家纬, 朱育新等。1986。亚洲玉米螟性信息素组分精确比例的研究。昆虫学研究集刊。第六集, 17-22. 上海科学技术出版社。
- [4] 杜家纬, 戴小杰, 许少甫, 唐贤汉。1987。三化螟性信息素的研究(I)。化学结构鉴定和田间诱捕活性。中国科学, B辑。7: 718-723。
- [5] 杜家纬。1988。昆虫信息素及其应用。中国林业出版社。
- [6] 杜家纬, C. Lofstedt, J. Lofqvist. 1988. 黄地老虎雌蛾性信息素释放率及其组分的比例测定。昆虫学研究集刊, 第八集: 83-88. 上海科学技术出版社。
- [7] Baker, T. C., Francke, J. G., Millar, C., Lofstedt, C., Hansson, B., Du, J. -W., Phelan, P. L., Vetter, R. S.,

Youngman, R., and Todd, J. L. 1991. Identification and bioassay of sex pheromone components of carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller). *J. Chem. Ecol.* 10:1973—1988.

[8] Bergstrom, J. and Bergstrom, M. 1985. Hydrogenation in the ng-ug range using pre-absorbed hydrogen on fixed Pd catalyst. *Journal of High Resolution Chromatography & Chromatography Communications*. Short Communication: 10554.

[9] Butenandt, A. and Hecker, E. 1961. Synthese des Bombykols des Sexual-Lockstoffes des Seidenspinners, und seiner geometrischen isomeren. *Angew. Chem.* 73:349—353.

[10] Du Jia-wei, C. Lofstedt, and J. Lofqvist. 1987. Repeatability of pheromone emissions from individual female ermine moths, *Yponomeuta padellus* and *Yponomeuta rorellus*. *J. Chem. Ecol.* 6: 1431—1441.

[11] Ettre, L. S. and McFadden, W. H. 1969. "Ancillary techniques of gas chromatography" by John Wiley & Sons, Inc.

[12] Hans-Rudolf Buser, Heinrich Arn, Patrick Guerin, and Stefan Rauscher. 1983. Determination of double bond position in mono-unsaturated acetates by mass spectrometry of dimethyl disulfide adducts. *Anal. Chem.* 6: 818—822.

[13] Tunlinson, J. H. and R. R. Heath. 1976. Structure Elucidation of Insect Pheromones by Microanalytical Methods. *J. Chem. Ecol.* 2:87—99.

METHODOLOGY OF PHEROMONE RESEARCH

I. MICRO-ANALYTICAL TECHNIQUES

Du Jiawei

(*Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica*)

Identification of sex pheromone multi-components at nonagram level requires specialized analytical techniques. First, GC chromatogram are obtained to profile how many compounds released from female by single sex pheromone gland and airborne collection techniques. Then, micro-chemical reactions, GC retention time index and GC-MS are combined with bioassay of EAG and wind tunnel studies to elucidate insect pheromone multi-components system. At our laboratory we have adapted and improved varous techniques and device to enable to identify the pheromone multi-components system, such as airborne collection, collection technique of capillary GC elute, GC analytical technique of single pheromone gland extract, micro-chemical reaction and so on. This paper is to summarize the available micro-analytical techniques and its operation in our laboratory.

Key words Methodology of insect sex pheromone Micro-analytical technique
Ancillary techniques of capillary GC

槐尺蠖性信息素的不对称合成

王胜新 么恩云 李正名

(南开大学元素有机化学研究所国家重点实验室)

摘要 本文以丙炔醇和正溴庚烷为超始原料, 经炔烃偶联, 格氏试剂偶联反应, 用不对称环氧化反应合成了槐尺蠖性信息素 Cis-3, 4-环氧-(Z, Z)-6, 9-十七碳二烯的两个光学异构体。

关键词 槐尺蠖 性信息素

槐尺蠖 *Semiothisa cinerearia* 是危害我国北方重要树种——国槐的一种主要害虫, 作为无公害防治槐尺蠖的手段, 其性信息素的研究被列为国家重点课题, 槐尺蠖的性信息素活性成分已由李正名等人于1987年首次确定为3, 4-环氧-(Z, Z)-6, 9-十七碳二烯^[1], 有四个光学异构体即: (3R, 4S)-Ia; (3S, 4R)-Ib; (3R, 4R)-Ic; (3S, 4S)-Id。

研究表明, 尺蠖类性信息素结构中的双键都为顺式多烯及衍生物^[1], 由于顺式烯经环氧化得到的环氧化合物只有(R, S)或(S, R)两种构型, 故槐尺蠖性信息素的结构只能为Ia或Ib, 但通过合成得到的Ia、Ib的消旋体对雄虫的引诱活性不高, 为最终确定该信息素活性成分的结构, 需分别合成Ia和Ib, 然后再通过生测得到正确结果。

有关Ia和Ib的不对称合成未见文献报道, 但已有类似的环氧化合物的不对称合成报道,^{[2][3]}本文用不对称环氧化反应^[4]分别得到了环氧醇6a和6b, 并通过6a和6b分别与二甲基铜锂试剂反应合成了Ia和Ib。

合成路线中的第一个关键反应是Sharpless不对称环氧化反应, 第2个关键反应是二甲基铜锂试剂对TsO基团的取代而得到目标产物, 同时环氧环不受影响。反应步骤如下:

正溴庚烷与丙炔醇锂在液氨中偶联得炔醇Za, 将Za用通常方法溴化^[5]得2b, 2b与BrMgC≡COH₂OMgBr在四氢呋喃中用氯化亚铜催化偶联得3a^[6], 再将3a溴化得3b, 3b与BrMgC≡CCH₂OMgBr偶联得三炔醇4, 4经P-2Ni催化氢化得顺式三烯醇5, 5用改进的Sharpless环氧化试剂[Ti(opr-i)₄-D-(-)-DET-t-BuOOH]^[7]处理得6a, 该步收率可达76%, 其光学纯度由高压液相色谱测定6a的(R)-MTPA酯而得到(82%ee), 6a的对甲基苯磺酸酯6d与二甲基铜锂试剂反应得到Ia。

用L-(+)-DET代替D-(-)-DET对5环氧化可得到6b, 用上述相同方法可制得Ib。

上述合成路线共经九步反应, 最终产物Ia和Ib经Ge-Ms分析, 其质谱图与已报导的消旋化合物的质谱图^[8]一致。

实验证明, 利用上述合成路线, 最后采用Sharpless反应和铜锂试剂可以得到目标化合物。

实验部分

熔沸点未作校正, NMR分析数据由日本JE01-FX-90Q核磁共振仪和瑞士BRUKER

公司的 AC-P200 型核磁共振仪完成, TMS 为内标, CDCl_3 为溶剂, GC-MS 分析由美国惠普公司 HP-5890/HP5988AGC-MS 气质联用仪完成。

葵炔-Z-醇-1(2a) 干冰冷却在 1000ml 皿口瓶中放入 600ml 液氨, 加入几粒 硝酸铁晶体, 搅拌 10min, 逐渐加入小块的金属锂(4.0 g, 0.58mol), 在 -50°C 搅拌反应 2h, 滴加丙炔醇(16.2g, 0.29mol), 加毕, 搅拌 30min, 滴加溴庚烷(50g, 0.28mol), 在 -40°C 搅拌反应 3h, 室温下放置过夜, 向反应瓶中加入 300ml 水, 搅拌 10min, 乙醚提取(150 ml \times 3), 饱和食盐水洗涤, 无水硫酸钠干燥, 减压除去乙醚, 蒸馏得无色液体 24.3g, 收率 56.5% b. P. $104\sim106^\circ\text{C}$ /4mmHg; $n_{\text{D}}^{14}=1.4598$, NMR (δ): 0.9 (3H, t, $-\text{CH}_3$), 1.3 [10H, br, $(\text{CH}_2)_5$], 2.2 (2H, m, $-\text{CH}_2-\text{C}\equiv$), 4.22 (2H, t, $\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{O}$), 2.48 (1H, S, $-\text{OH}$) ppm; M/Z: 123 (M- CH_2OH , 2.8), 55 (85), 41 (100)。

1-溴-癸炔-2(2b) 在 0°C 搅拌下将 PBr_3 (15g, 0.055ml) 滴入 2a (17.1g, 0.11mol) 和 1ml 吡啶的 200ml 无水乙醚的溶液中, 室温下搅拌反应 6h, 将产物倒入 300ml 冰水中, 分出有机层、水层用乙醚提取(100ml \times 3), 合并有机层, 饱和碳酸氢钠溶液和饱和食盐水洗涤, 无水硫酸镁干燥, 减压除去乙醚, 蒸馏得无色液体 16.1g, 收率 67%; b. P. $88\sim90^\circ\text{C}$ /0.3mmHg; $n_{\text{D}}^{16}=1.4840$; NMR (δ): 0.9 (3H, t, CH_3), 1.3 [10H, br, $(\text{CH}_2)_5$], 2.2 [2H, m, $\text{CH}_2-\text{C}\equiv$], 3.92 (2H, t, $-\text{CH}_2\text{Br}$); M/Z: 137, (M-Br, 0.8), 123 (M- CH_2Br , 0.5), 95 (100)、81 (87), 67 (62)。

2,5-十三碳二炔醇-1(3a) 由金属镁(3.5g, 0.14mol), 溴乙烷(17.6g, 0.16mol) 和 40ml 四氢呋喃按通常方法制得 $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}$ 溶液, 在 5°C 滴加丙炔醇(4.1g, 0.073mol, 稀释于 4ml THF 中), 在 20°C 搅拌反应 3h, 降温至 0°C , 加入 0.2g 新制的氯化亚铜, 搅拌 15 min, 滴加 2b(10g, 0.046mol/L, 稀释于 7ml THF 中), 加毕, 升温至 65°C , 回流 16h, 再加入 0.1g 氯化亚铜, 回流 16h, (上述反应均在氮气保护下进行), 将得到的棕色液体稀释于 70ml 1mol/L 硫酸中, 乙醚提取(50ml \times 3), 10ml 21mol/L 碳酸钠溶液洗涤, 10ml 水洗, 无水硫酸钠干燥, 减压蒸去乙醚。柱层析分离: 硅胶(150g, 100~140 目), 洗脱剂为石油醚:乙醚(5:1), 得黄色液体 5.0g, 收率 56.5%; $n_{\text{D}}^{22}=1.4770$, NMR (δ): 0.88 (3H, t, $-\text{CH}_3$), 1.28 [10H, br, $(\text{CH}_2)_5$], 2.17 (2H, m, $\text{CH}_2-\text{C}\equiv$), 3.18 (2H, m, $\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{C}\equiv$), 4.24 (2H, m, $-\text{CH}_2\text{O}$); M/Z: 161 (M- CH_2OH , 0.3) 91 (92), 79 (100), 77 (80)。

1-溴-2,5-十三碳二炔(3b) 在 0°C 搅拌下, 将 PBr_3 (2.6g, 9.6mmol) 滴入 3a(5.0g, 26mmol) 和 0.1ml 吡啶的 25ml 无水乙醚的溶液中, 反应在氮气保护下进行, 回流反应 3h, 将反应液倒入 80ml 冰水中, 分出有机层, 乙醚提取(40ml \times 3), 合并有机层, 饱和碳酸氢钠溶液和水洗涤, 无水硫酸钠干燥, 减压除去乙醚, 柱层析分离: 硅胶(100g, 100~140 目), 洗脱剂为石油醚(60~90 °C), 得深红液体 4.0g, 收率 60%, $n_{\text{D}}^{22}=1.5024$, NMR (δ): 0.88 (3H, t, CH_3), 1.28 [10H, br, $(\text{CH}_2)_5$], 2.16 (2H, m, $-\text{CH}_2-\text{C}\equiv$), 3.20 (2H, m, $\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{C}\equiv$), 3.92 (2H, t, $\equiv\text{C}-\text{CH}_2\text{Br}$)。

2, 5, 8-十六碳三炔醇-1(4) 由金属镁(2.8g, 0.117ml) 溴乙烷(14g, 0.128mol) 和 45ml 无水四氢呋喃按通常方法制得 $\text{C}_2\text{H}_5\text{MgBr}$ 溶液, 在 5°C 氮气保护下滴加丙炔醇(3.3g, 59mmol; 稀释于 3ml THF 中), 在 20°C 搅拌反应 3h, 降温至 $0\sim5^\circ\text{C}$, 加入新制的氯化亚铜 0.14g, 搅拌 15min, 滴加 3b(5.0g, 19.6mmol, 稀释于 5ml THF 中), 加毕, 升温至 60°C , 搅拌反应 16h, 再加入 0.07g 氯化亚铜, 反应 6h, 将得到的深棕色液体稀释于

100ml冰水中, 乙醚提取 (50ml×3), 饱和碳酸氢钠溶液及饱和食盐水洗涤, 无水硫酸钠干燥, 减压除去乙醚, 柱层析分离: 硅胶(50g, 100~140目), 洗脱剂为石油醚: 乙醚(3:1), 得黄色固体 2.3g, 收率 51%; m. p. 28~30℃; NMR: 0.89(3H, t, CH_3), 1.26 [10H, br, $(\text{CH}_2)_5$], 2.13(2H, m, $-\text{CH}_2\text{C}\equiv$), 3.13 (2H, m, $\equiv\text{CCH}_2\text{C}\equiv$), 3.19(2H, m, $\equiv\text{CCH}_2\text{C}\equiv$), 4.25(2H, m, $\equiv(\text{CH}_2\text{O})$, 115(1H, t-CH)。

(Z,Z,Z)-2,5,8-十六碳三烯醇-1(5)由 1.8g 醋酸镍晶体, 0.3g 硼氢化钠, 1.8g 乙二胺按通常方法^[9]制得 P-2Ni 催化剂, 抽净空气, 用氢气洗涤装置 3 次, 用注射器加入 (42.0g, 8.7mmol; 稀释于 15ml 95% 乙醇中), 开动电磁搅拌, 在常温常压下吸氢约 2h 至氢不再吸收, 过滤除去催化剂, 将滤液倒入 250ml 水中, 石油醚提取 (100ml×3), 无水硫酸钠干燥, 减压浓缩除去石油醚, 柱层析纯化: 硅胶 (20g, 100~140 目); 洗脱剂为石油醚 (5:1), 得浅黄色液体 1.3g, 收率 63.3%; $n_{\text{D}}^{20}=1.4780$; NMR (δ): 0.82 (3H, t, $-\text{CH}_3$), 1.20~1.32 [10H, m, $(\text{CH}_2)_5$], 2.0(2H, m, $-\text{CH}_2\text{C}\equiv$), 2.7(4H, m, $=\text{CCH}_2\text{C}\equiv$), 4.1(2H, d, $=\text{CCH}_2\text{O}$), 5.26~5.54(6H, m, $-\text{CH}=\text{CH}-$), 1.5(1H, S, $-\text{OH}$); M/Z: 236(M⁺, 0.2), 218(M- H_2O , 0.8), 205(M- CH_2OH , 0.2), 152(M- C_6H_{12} , 6.0), 79(100)。

2R, 3S-环氧-(Z,Z)-5, 8-十六碳二烯醇-1(6a)

反应瓶中加入 3Å 分子筛 (0.2g, 450℃ 活化 3h 并研成粉末), 8ml 无水二氯甲烷, 在氮气保护下, 于 -5℃ 由注射器依次加入 D-(+)-酒石酸二乙酯 (80mg, 0.39mmol) 和四异丙氧基钛 (73mg, 0.26mmol), 搅拌 5min, 降温至 -20℃, 注入过氧叔丁醇^[10]溶液 (1.3ml, 7.8mmol, 6.2mol/L 二氯甲烷溶液), 搅拌 10min, 缓慢加入 5 (1.23g, 5.2 mmol, 稀释于 0.5ml 无水二氯甲烷中), 在 -10~ -20℃ 搅拌反应 5h, 加入 1.4ml 水, 室温搅拌 1h, 再加入 0.4ml 30% 氢氧化钠溶液, 搅拌 30min, 抽滤除去分子筛, 分出有机层, 水层用二氯甲烷提取 (10ml×3), 合并有机层, 饱和食盐水洗涤, 无水硫酸镁干燥, 减压除去溶剂, 柱层析纯化, 硅胶: (20g, 100~140 目), 洗脱剂为石油醚 (5:1), 得黄色液体 0.8 克, 收率 76%; $n_{\text{D}}^{20}=1.4720$; $[\alpha]_{\text{D}}^{20}=+9.8^{\circ}$ (C=0.82, CHCl_3); NMR: 0.90(3H, t, CH_3), 1.31 [10H, br, $(\text{CH}_2)_5$], 2.0(3H, m, $\text{CH}_2\text{C}\equiv$), 2.2~2.6(2H, m, $=\text{CCH}_2\text{C}\equiv$), 2.83(2H, m, $=\text{CCH}_2\text{C}\equiv$), 3.2 (2H, m, $-\text{CH}(\text{O})\text{CH}-$), 3.77~3.89 (2H, m, $-\text{CH}_2\text{O}$), 5.40~5.52(4H, m, $-\text{CH}=\text{CH}-$), 1.55(1H, S, $-\text{OH}$); M/Z: 221(M- CH_2OH , 4.2), 203(M- $\text{CH}_2\text{OH}-\text{H}_2\text{O}$, 0.8), 93(50), 79(100), 67(83)。

2S, 3R-环氧-(Z,Z)-十六碳二烯醇-1(6b)

按上述方法用 L-(+)-酒石酸二乙酯作为性辅助剂对 5 环氧化制得 6b, $n_{\text{D}}^{20}=1.4727$, $[\alpha]_{\text{D}}^{20}=-10.30$ (C=6.9, CHCl_3)。

6a 和 6b 的光学纯度测定 用通常方法^[11]将 6a 转化为 (R)-MTPA 的酯 6C, 由 HPLC 分析 [硅胶柱, 250×5mm, 淋洗剂为己烷: 二氯甲烷 (1.5:1), 流速为 1.5ml/min], 双峰的保留时间为 34.6min(91%), 35.4min(9%) $\text{ee}\% = 91\% - 9\% = 82\%$

用上述相同方法测得 6b 的光学纯度为 84% (ee%)

3R,4S-环氧-(Z, Z)-6.9-十七碳二烯(1a)

将 6a (0.238g, 0.94mmol) 溶于 2ml 吡啶中, 0℃ 搅拌下滴入对甲苯磺酰氯 0.25g, 1.3

mmol, 溶于 2ml 无水吡啶中), 搅拌反应 6h, 再于室温反应 12h, 将反应液稀释于 30ml 水中, 乙醚提取 (20ml × 3), 饱和硫酸铜溶液洗涤, 无水硫酸镁干燥, 减压蒸去溶剂, 柱层析分离: 硅胶 (10g, 100~140 目), 洗脱剂为石油醚: 乙醚 (3:1)。将得到的黄色液体溶于 2ml 无水乙醚, 降温至 -20℃, 在氮气保护下, 慢慢加入二甲基铜锂乙醚溶液 (3ml, 0.15 mol/L, 在 -20℃ 搅拌反应 5h, 将反应液稀释于 10ml 饱和氯化铵溶液中, 搅拌 30min, 滤去不溶物, 分出有机层, 水层用乙醚提取 (10ml × 3), 合并有机层, 饱和食盐水洗涤, 无水硫酸镁干燥, 减压除去乙醚, 得黄色液体 0.035g, 产物经 GC-MS 分析, 主产物保留时间为 13.89min (程序升温, 起始温度为 35℃, 升温速度为 15°/min, 最高温度 220℃)。M/Z: 250 (M⁺, 0.17), 232 (M-H₂O, 0.3), 221 (M-C₂H₅, 0.7), 203 (M-₂CH₅-H₂O, 0.9), 192 (1.7), 178 (6.8), 163 (0.5), 147 (1.3), 135 (2.3), 124 (3.3), 121 (4.7), 109 (5.7), 107 (9.6), 105 (6.5), 95 (14.8), 94 (17.4), 93 (33), 91 (29.4), 80 (75), 79 (100), 69 (15.6), 67 (45.3), 59 (18.6), 57 (28.3), 55 (39.8)。

3S, 4R-环氧-(Z,Z)-6,9-十七碳二烯 (Ib)

按上述相同方法可由 6b 制得 Ib。

参 考 文 献

- [1] Li Zheng-ming, et al. 1988. proceedings of China-Japan Seminar on Insect semiochemicals, Beijing Oct, 6—8,
- [2] Kenji Mori and Takashi Ebata, 1986. *Tetrahedron*, **42**: 3471—3478.
- [3] J. W. Wang, Z. W. Underhill, S. L. Mackenzie and M. D. chislwlm. 1985. *J. chen Ecol.*, **11**: 727—757.
- [4] K. B. sharpless and T. katsuki, *J. Am. chem. Soc.*, **102**, 5974 (1980).
- [5] L.Brandsma and H. D. verkrujisse, 1981 Synthesis of Acetylene Allenes and Cumulenes, *Elserier*, Amsterdam 211.
- [6] A. K. Ganguly and T. R. seshadri, 1961. *J. chem. soc.* 2779—2787.
- [7] R. M. Hanson and K. B. Sharpless. 1986. *Jorg. chem.*, **51**; 1922—1925.
- [8] J. G. Millar, E. W. Underhill, M. Gihlin and Barton, *J. chem. Ecol.*, **13**: 1371—1383
- [9] C. A. Brown, H. C. Brown, 1963. *J. Am. Chem. Soc.*, **85**: 1003—1005.
- [10] N. A. Milas, D. M. Surgehor, 1964. *J. Am. chem. soc.*, **68**: 205.
- [11] J. A. Dale and H. S. Mosher, 1973. *J. Am. Chem. soc.*, **95**: 512

THE ASYMMETRIC SYNTHESIS OF THE SEX PHEROMONE OF SEMIOTHISA CIRERARIA

Wang Shengxin Yao Enyun Li Zhengming

(National Elemento-Organic Chemistry Laboratory, Nankai University)

The active component of the sex pheromone of *Semiothisa cireraria* both the enantiomers of cis-3,4-epoxy-(z,z)-6,9-heptadecadiene were synthesized employing the Sharpless asymmetric epoxidation as the key step. Using proparal alcohol and 1-bromo-heptane as starting material the synthesis process was described in detail in this paper.

Key words *Semiothisa cinerearia* sex pheromone

植物化学生态学的形成、发展和研究内容

孔令韶

(中国科学院植物研究所)

摘要 植物化学生态学是研究环境中化学因子与植物之间相互关系的科学。多年来，围绕着土壤中高的盐分、重金属含量，环境污染的化学物质和植物分泌物，对植物生长发育，植物群落的种类组成、分布规律和演替的影响，对植物的作用机制，进行了大量的研究。化学分析、生物测定技术的发展，促进了这一学科的前进。60年代前后已形成了明确的概念和研究内容，近些年来发展较快。植物间生化他感作用 (Allelopathy) 的研究，目前是该领域的热点。

关键词 植物化学生态学 他感作用 植物分泌物

植物化学生态学，是以环境中的化学因子（包括植物自身形成的化学因子）为生态因子，研究对植物的生长发育，植物及其群落的种类组成、结构和分布规律的影响；植物化学成分及含量、分布与环境关系的科学。是植物生态学的一个分支，亦是化学生态学的主要方面之一。环境中的化学因子是非常复杂的，有原生的化学环境，如土壤 pH 值、高的元素或化合物的含量等；有次生的化学环境，如化学物质的污染，植物分泌物或枯死腐烂放出的化学物所形成的化学生态环境等。

一、特殊化学生态条件下的植物群落和指示植物

环境中化学生态因子，最具有明显特征的是土壤 pH 值的高低和高的盐分对植物的影响。多年来对这类土壤上的植物区系、植物群落特征，植物化学成分、植物的抗性、耐性和变异等进行了系统的研究，并出版了专著^[10,11]。根据植物对盐分的适应状况，把盐生植物分为真盐生植物、泌盐生植物和淡盐生植物^[23]，并论述了盐分对植物的危害状况和植物的生理生化机制。如酸性土壤，常常是影响到植物根的伸长，连续的营养和水分的吸收受到 H⁺、Mn 和 Al 或者是生物化学相互作用的毒素的限制^[15,35]。

环境中金属元素的毒性，最早被研究的是金属矿区土壤中特别高的金属元素含量对植物的影响。近几十年来，较多的研究是金属矿区和环境污染区的特有种、耐耐种、变异生态型和化学诱变型、生理变异等，并用来指导找矿和环境污染^[21,22,26]。环境中高的金属元素含量对植物群落的影响，主要表现在植物群落的种类组成和优势植物的特征上，并且较多的是利用其异常指导找矿^[26]。

环境中化学因子对植物生理生态、生物化学的影响研究逐步深入。如过量的铅对大豆光合作用、水稻的光合作用和蒸腾作用都有明显的抑制^[18]，随着 SO₂ 浓度的增加，向日葵的光合和蒸腾作用都有所降低^[21]。真盐生植物具有非常低的呼吸强度和氧化酶的活性，泌盐生植物具有相当高的呼吸强度^[23]。盐生植物在生化上有两个特点，即脯氨酸和甜菜碱在植物体内积累。它们是植物体中普遍存在的渗透压剂，是对盐生环境的一种生化适应机制^[15]。

环境中化学因子与植物的关系还表现在植物化学成分的特征上。大多数的金属矿、特定的土壤及大气、土壤污染指示植物是某化学元素或化合物的积累者。植物聚积化学元素的情况，至少可分为两种类型：（1）环境中某些元素含量高，这里的全部植物该元素的含量均高；（2）某种植物能特别聚积某种元素^[3]。对这种关系，Kovalevskii 提出了生物障的概念，把生物体分为无障（nonbarrier）半无障、有障和背景障四类^[32]。数量分析的应用，使这一关系进一步定量化。如对一些矿区植物与土壤中元素含量的相关分析，初步可把植物分为三种类型：（1）有 5~20% 的植物达显著相关水平；（2）有相关关系但未达显著相关水平；（3）相关系数绝对值很低，相关关系不明显^[2]。

二、植物间生物化学物质的交互作用

植物的分泌物（或腐烂释放出的化学物质）释放到环境中，往往成为另一些植物（或自身）生长的化学生态因子。黑胡桃 (*Juglans regia*) 对其树冠下的植物所显示出的抑制作用已广为人知^[7, 15]。在 1937 年 Molisch 研究了成熟苹果分泌的挥发性物质乙烯，以及其它植物分泌物对某些植物生长和发育的影响，提出了 Allelopathy 的概念^[14]。他用这个词描述植物之间以及植物和微生物之间的生物化学的关系。对这个词有较多译法，“化学克生”、“他感作用”、“生化交互作用”、“气体中毒”等。大多译为“他感作用”。50 多年来，对这一领域进行了广泛、深入的研究，更多的研究工作是在美国、加拿大、英国等地。主要集中在下列几个方面。

1. 植物生化他感作用的主要物质和释放途径。

生化他感物质，Гродзинский 把它分为三个组，进行了详细论述。第一组是植物次生代谢物——有机酸、挥发油、生物碱、甙类、黄酮类、萜烯类、单宁以及聚酚等。这些物质，在植物生长期或死亡后都可分泌到环境中。第二组活性物质是在正常的或常常在代谢过程中破坏和死亡组织，植物蛋白水解形成。如氨基酸类、酸的酰胺、氨基和亚氨基的衍生物、吲哚基衍生物等。有些物质是非常有毒的。第三组是植物体腐殖化和矿质化的各种形式的产物，多为聚合结构，常在杂环中含有氮，并以醌类和酚类化合物的存在为特征，亦常和金属形成聚合物^[38]。Whittaker 把植物生化他感物质分为四类：①酚性化合物，为广谱性克生物质，包括黄酮类、醌类、单宁、香豆素、芳香酸等；②萜烯类：如单萜、倍半萜、蒎烯、莰烯等；③生物碱类；④其它的化合物^[37]。

生化他感物质向环境中释放的途径：①由植物地上部分（主要是叶）分泌出或吐水，被雨水或雾滴溶解淋洗到土壤中。②通过植物根系分泌到土壤中。如桃、苹果根系分泌物根皮甙，进入土壤后被分解成氰氢酸、苯甲醛、间苯三酚等对植物有害的物质。③从枯死的残体释放出来。④挥发，如萜类等，或直接被周围植物吸收或溶于雨水、露水进入土壤^[7, 9, 38]。

2. 生物化学物质的生态学作用。

对植物个体生长发育的影响。较多的研究是对种子的萌发、幼苗的生长和根的伸长的影响。如苦豆碱、槐定和槐果碱对小麦幼芽、幼根的抑制作用^[18]。白茅 (*Imperata cylindrica*) 叶和根际的滤液对小萝卜、芥菜、胡芦巴和西红柿种子的萌发和幼苗的影响^[31]。大戟 (*Euphorbia prostrata* L.) 的水提取液和根分泌物对狗芽根 (*Cynodon dactylon*)、反枝苋 (*Amarthus retroflexus*) 的种子发芽和幼苗有抑制作用^[25]。这方面的论述较多。其作用机制，Rice 概括为：影响激素的合成和利用；在种子萌发期间预防种子腐烂；改变了细

胞的分裂、伸长亚显微结构；影响膜的透性；减少植物对矿物的吸收；限制了光合和呼吸作用；影响蛋白质的合成；减少了茎对水分的传导作用等^[35,36]。

对天然植物群落的影响。在植物群落中，植物之间常处在相对平衡状态，或者是一些植物种的存在与出现，引起另外一些种的消长，从这一种群落演化为另一群落。在这种错综复杂的关系中，植物间生化他感作用是其原因之一。如在日本和朝鲜赤松(*Pinus densiflora*)林中，东风菜(*Aster scaber*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、牛膝(*Achyranthes japonica*)等植物，频度低、生活力弱，是受到赤松分泌物(初步认为是苦马酸类物质)抑制的结果；而狄(*Miscanthus sinensis*)、结缕草(*Zoysia japonica*)、牛皮冻(*Paederia chinensis*)等植物，频度高、生活力强，没有受到分泌物抑制^[14]。又如在美国加州南部，芳香类植物鼠尾草(*Salvia leucophylla*)和蒿子(*Artemisia californica*)分泌的挥发性萜类，对燕麦属(*Avena*)、雀麦属(*Bromus*)和狐茅属(*Festuca*)等植物的抑制作用，所形成的植物在群落中的分布格局和群落演替，是典型的例子^[15,28,37]。在我国，报道了生化他感作用与高寒草甸上人工草场自然退化现象^[16,17]，凤眼莲根系分泌物对藻类的抑制作用^[5,6]，芒箕(*Dicranopteris dichotoma*)浸出液对几种植物的影响^[4]等。

农田、园林生态系统中植物间生化他感作用。在这方面，Rice [1984]、Putnam [1986]、C. I. 切尔诺布里文科[1956]等人，都有专门论述^[20,34,36]，每年亦有许多论文发表。如在台湾银合欢(*Leucaena leucocephala*)种植园，生长几年后，树冠下能有效地防除杂草。银合欢水提取液中，经鉴定含有 mimosine 株精和鞣酸、香草酸和阿魏酸等，对许多种植物种子的萌发和幼苗生长有抑制作用^[27]。在橙(*Citrus aurantium*)园里，草本植物缺乏，是由于橙叶分泌的酚和萜类，抑制了狗牙根(*Cynodon dactylon*)、藜(*Chenopodium album*)等多种杂草种子萌发和幼苗生长^[24]。高粱(*Sorghum bicolor*)与 10 种杂草和宽叶烟草间有生化他感作用^[28]。

上述三个方面，是以第一个方面为基础的。实际上，植物间生化他感作用是很复杂的，有克生，也有相生和自毒作用^[31]。如咖啡、石刁柏(*Asparagus officinalis*)等的分泌物，对自身有抑制作用^[29,34]。植物本身对生物化学环境也具有适应和解毒的机制^[8,15,30]。植物释放到环境中的化学物质，除本身的特性外，还受各种生态条件、以及通过土壤微生物的间接影响，亦可通过改变土壤化学的途径，而影响植物的生长和分布。此外，植物分泌物的生态学作用，还涉及到植物与昆虫、植物与病虫害之间的关系等。

3. 植物间生化他感作用的研究方法

化学分析和生物鉴定技术的发展，大大地推动了这一领域的研究。目前方法研究集中在生物化学物质的捕集，化学物质定性、定量的测定，以及生物鉴定技术的研究等。我国报道了苦豆子(*Sophora alopecuroides*)的抗生成分^[18]，组织培养在化学生态学上的应用^[19]等，使之野外调查和实验室鉴定相结合。

三、植物化学生态学的形成与发展

综上所述，植物化学生态学像其它学科一样，是在生产实践和对自然规律不断认识的基础上发展起来的。早在 100 多年前，由于化学分析、鉴定技术的限制，只是对一些现象的记述。本世纪三十一四十年代，化学分析与鉴定技术的应用，野外观察与室内化学分析相结合，从定性的研究向定量发展，科学的不断发现和积累，植物化学生态学逐渐形成。

维诺格拉多夫指出，要把各种生物所发生的微小变化与环境的化学性质加以比较，并

阐明它们在动植物区系进化中的作用，如果发展化学生态学，就可以做到这一点^[3]。什科尔尼克认为，目前必须对土壤、水和植物有机体的化学本性，它们的物质交换、形态变异、生理变异及生物化学变异之间的关系，进行专门的和广泛的研究，对建立植物化学生态学和植物进化理论，以及对于农业实践提供许多很有意义的东西^[3]。这些论述不仅提出了植物化学生态学的概念，而且提到了它的研究内容和在生产实践上的应用问题。

侯学煜指出，要进行植物地球化学的研究，通过化学特性找出植物与植物之间、植物与环境之间的相互内在联系^[12]。柯瓦尔斯基认为，查明环境中化学元素与有机体适应变异之间的关系，以及有机体在不同生物地球化条件下新陈代谢改变的情况，就可建立植物和动物的地球化学生态学^[3]。他们的论述，侧重于植物化学生态学的宏观意义和研究内容。马世骏指出，化学与生态学的结合，使生态学在阐明生物与生物、生物与环境之间的关系，以及化学物质在生态过程中的动态方面，能在分子水平上得到阐明^[1]。从微观上论述了化学生态学的意义。Г. Ф. 高泽建议称为“化学生物群落学”^[20]。Harbone专门论述了“植物化学生态学”和“生态生物化学”，它是60年代前后形成的一门边缘科学^[15,28]。他们的论述侧重于生物化学的生态学作用。

总之，经过长期的实践和科学积累，在六十年代前后，植物化学生态学已形成了明确的概念和研究内容，而且在后来的发展中不断地得到充实和完善。近二三十年来，有了较快的发展，尤其是植物间生化他感作用的研究，进展迅速，前文已作了简要叙述。70年代创办了《化学生态学杂志》等专门刊物，发表了许多有关植物化学生态学的论文。此外还出版了一些有代表性的专著^[12,20,34,36,28]。对自然生态系统、人工生态系统中的生物化学的生态学作用，植物分泌物的捕集、分离、鉴定等进行了较全面的论述。可喜的是我国已开始了这个领域的研究^[5,6,16,17,18,19]，并发表了一些综述文章^[7,8,9,14]。此外，环境污染的化学物质(汞、镉、铅、砷、酚类和氰化物、CO₂等)的生态学作用的研究发展很快，从不同的侧面论述了植物与环境中化学因子的关系。

四、植物化学生态学的研究内容

植物化学生态学的研究内容和途径可以概括以下几个方面：

1. 植物对环境中化学因子指示作用的研究。研究环境中的化学因子的变化所引起的植物中毒和忍耐状况，植物发生的某些变异，植物种及其群落种类组成的特征、分布规律的变化等，以完善指示植物的理论，并运用到实际中。

2. 环境中化学物质的分布、迁移、降解及植物对其吸收、积累规律的研究。植物分泌物，在环境因子的作用下，扩散、稀释、降解的途径与植物之间的关系。植物的化学成分与环境中化学因子的关系的研究，对环境污染、植物找矿，对土壤化学组成异常的指示作用都具有实际意义。

3. 植物间生化他感作用的研究。研究植物分泌物质的生态生物化学特性，及其生态效应。有针对性的开展对种子的萌发、幼苗生长和生理、生化指标影响的研究；植物群落中种群消长的生物化学作用和草原、森林等群落演替中种间生化他感作用的研究。要联系作物的连作和间作套种、农田杂草的生物防除等生产实际，研究作物之间、杂草之间以及作物与杂草之间的生物化学相互作用的问题，对农业、园林业的发展具有重要的理论和实际意义。

4. 植物对环境中化学因子的中毒、解毒、适应和忍耐的生理、生化机制的研究。植

物的适应、忍耐机制是非常复杂的、多途径的；不同的植物种类，在不同的生态条件下也不一样，需要深入研究。如宽叶大戟（*Euphorbia esula*）的解毒酶，能促使细胞生长，具有解除小鼠曲草（*Antennaria microphylla*）释放出的对苯二酚毒性的特定能力^[30]。盐生植物具有较高的辅氨酸和甜菜碱^[15]等。当然有些内容不是化学生态学的任务，而是生理、生化的领域，但它的研究成果，在环境污染的治理、植被的恢复和植物群落的演替、协同进化等方面，都具有重要的理论意义。

参考文献

- [1] 马世骏。1988。生态学发展趋势估计。生态学进展，5(1):1—2。
- [2] 孔令韶等。1988。青海锡铁山矿区铅、锌的植物地球化学特征及其与矿的关系。植物生态学与地植物学学报，12(1):40—50。
- [3] 中国地理学会自然地理专业委员会编。1965。生物地球化学省——土壤元素交换。科学出版社。1—34, 42—62, 73—83。
- [4] 叶居新等。1987。芒箕植株浸出液对几种植物生长的影响。植物生态学与地植物学学报，11(3):203—211。
- [5] 孙文浩等。1988。水葫芦对藻类的克制。植物生理学报，14(3):294—300。
- [6] 孙文浩等。1988。城市富营养化水域的生物治理和凤眼莲抑制藻类生长的机理。环境科学学报，9(2):188—195。
- [7] 李绍文。1989。生态生物化学(二):高等植物之间的生化关系。生态学杂志，8(1):66—70。
- [8] 李瑞智等。1982。植物对环境的生物化学适应——兼介绍鲍恩的《生态生物化学导论》。植物生态学与地植物学丛刊6(2):147—152。
- [9] 宋君。1990。植物间的他感作用。生态学杂志，9(6):43—47。
- [10] 侯学煜。1954。指示植物。中国科学院出版，北京。
- [11] 侯学煜。1959。中国150种植物的化学成分及其分析方法。高等教育出版社，北京。
- [12] 侯学煜。1961。地植物学在支援农业方面的任务及其理论研究方向。地理。第5期: 209—213。
- [13] 林舜华等。1985。铅在植物——土壤系统中的分配规律及其生态效应——以大豆、水稻为例。植物生态学与地植物学丛刊，9(2):85—91。
- [14] 南寅镐。1983。植物代谢物质的作用——他感作用。中国科学院林业土壤所集刊，第六集，215—220。
- [15] 张玉麟等。1989。生态生物化学导论。农业出版社，北京。
- [16] 张宝琛等。1981。斑唇马先蒿提出物生化相克作用的初步研究。生态学报，1(3):227—233。
- [17] 张宝琛等。1989。生化他感作用与高寒草甸上人工草场自然退化现象的研究。生态学报，9(2):115—120。
- [18] 陶诗清等。1985。苦豆子的抗生成分。生态学报，5(1):8—14。
- [19] 斯月华等。1986。组织培养在化学生态学(他感作用)研究中的应用。生态学杂志，5(5):61—63。
- [20] O.H.切尔诺布里文科著，艾玲译。1961。植物分泌物的生物学作用和间作中的种间相互关系。科学出版社，北京。
- [21] 日本生态学会环境问题专门委员会编，姜恕等译。1989。环境和指示植物(陆地分册)。中国环境科学出版社，北京。
- [22] 佐田宏著，陈未申等译。1984。环境污染与指示植物。科学出版社，北京。
- [23] И.И.杜曼诺夫等著，庄增辉等译。1962。植物抗性及水分生理学问题。科学出版社，256—262，北京。
- [24] Alsaadawi, I. S., et al., 1985. Allelopathic effects of *Citrus aurantium* L., *J. of Chem. Eco.*, 11 (11): 1515—1534
- [25] Alsaadawi, I. S., et al., 1990. Allelopathic inhibition of *Cynodon dactylon* (L.) Pers. and other plant species by *Euphorbia prostrata* L., *J. of Chem. Eco.*, 16 (19): 2747—2754.
- [26] Brook, R. R., 1983. Biological methods of prospecting for minerals. John Wiley and Sons. New York.
- [27] Chang-Hung Chou et al., 1986. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. 111. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *J. of Chem. Eco.*, 12 (6):1431—1448.
- [28] Harborne, J. B., 1982. Introduction to ecological biochemistry. Academic Press, London.
- [29] Hartung, A. C., et al., 1990. Isolation and characterization of phytotoxic compounds from asparagus (*Asparagus officinalis* L.) roots. *J. of Chem. Eco.*, 16 (5): 1707—1718.
- [30] Hogan, M. E., et al., 1991. Differential allelochemical detoxification mechanism in tissue cultures of *Antennaria microphylla* and *Euphorbia esula*. *J. of Chem. Eco.*, 17 (1): 167—174.
- [31] Inderjit, et al., 1991. Investigation on some aspects of chemical ecology of cogongrass, *Imperata cylindrica* (L.) BEAUV. *J. of Chem. Eco.*, 17 (2): 243—352.

- [32] Kovalevskii, A. L., 1984. Biogeochemical prospecting for ore deposits in the U. S. S. R., *J. of Geochem. Explor.*, 20:63—72.
- [33] Panasiuk, O., 1986: Allelopathic influence of *Sorghum bicolor* on weeds during germination and early development of seedlings. *J. of Chem. Eco.*, 12 (6): 1533—1543.
- [34] Putnam, A. R., et al., 1986. The science of allelopathy. John Wiley & Sons, New York.
- [35] Rending, V. V., et al., 1989. Principles of soil-plant interrrlationships. McGraw-hill Puplishing Company, New York.
- [36] Rice, E. L., 1984. Allelopathy. Academic Press, New York and London.
- [37] Sondheimer, E., et al., 1970. Chemical ecology. Academic Press, London and New York.
- [38] Гродзинский, А. М., 1965. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. «Наукова Думка», Киев.

THE ADVANCE AND STUDY CONTENT OF CHEMICAL ECOLOGY OF PLANT

Kong Lingshao

(Institute of Botany, Academia Sinica)

Chemical ecology of plant is a science that studies the relationship between plant and chemical factor in the environment. It mainly studies the effect of chemical factors including the high salt content and heavy metal in the soil, the polluted matter in the environment and the secretion of plant on the growth and development of plant and on the species composition, distribution and succession of communities. It also studies how these factors affect the plant. This science has been promoted greatly by the development of chemical assay and identifying technology. Its clear concept and study content was formed in 1960's. At the present, the study of allelopathy is the focus of this research area and develops very quickly.

Key words Chemical ecology of plant Allelopathy Secretion of plant

中国农业生产中植物生化他感作用 的考察报告^{*}

张宝琛 陶燕铎 唐崇实^{**}

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要 1985年7月至1988年9月对植物生化他感作用在中国农业生产中的表现及其影响进行了考察,考察地区包括除台湾、西藏之外的28个省市自治区;考察范围涉及到粮食、油料、经济作物及蔬菜栽培等四个方面。考察结果证明,生化他感作用在中国农业生产实践中是普遍存在的一种自然现象,对农业生产影响极大,应当引起重视。

关键词 中国农业 生化他感 考察

植物生化他感作用是指植物通过排出体外的代谢产物及腐败枝叶残留物导致同一生境中植物或微生物生长相互抑制或促进的自然现象。其实质是植物以及微生物之间生存竞争过程中“化学”关系的表现。光、温、水、气、肥及矿质营养等生态因子的利用和分配对植物生长发育的影响,人们已经给予了极大重视,但是,由于实验手段和理论认识的限制,生化他感作用对植物以及土壤微生物生长发育的影响,长期来被忽略了,以致生产实践中常会碰到一些用传统理论和手段难以完满解决的问题,而这些问题很多都与植物生化他感作用有直接或间接的关系。

植物生化他感作用这一自然现象的存在,前人已做了大量观察记录,特别是近半个世纪由于研究手段的进步,他感化合物的分离,鉴定及生理机制探讨等方面的研究有很大进展。这些资料可从 Rice(1984)专著“Allelopathy”和其他著作中得到充分反映。然而至今该现象的研究还很少直接与生产实践相结合,未见有对生产实践中生化他感作用表现形式及对生产影响程度的系统调查报告发表。

中国是有5000年文明的农业大国,长期农业生产实践在我国古农典籍及现代生产中均积累了丰富的经验。在倒茬,轮作,间作等各方面都形成了自己特有的规律。这些规律的形成有许多是与对植物之间相生相克现象的观察和认识有密切的关系。在当前中国农业由自给自足转入大规模集约化商品生产的情况下,由于土地面积的限制,很多规则常常难以遵守,市场价格及供需矛盾往往又左右了一些地区农民对作物品种的安排,“茬口”问题又显著的表现出来,例如,黑龙江省大豆生产问题,贵州烟叶生产问题等。因此无论从学科发展来看,还是生产实践的需要,都提出了将生化他感作用研究与我国生产实践紧密结合的要求。清理“家底”深入研究,发展与生产实践紧密结合的具有我国自己特色的生化他感作用理论和应用研究已成为我们的责任。为此,我们于1985年7月至1988年9月调查了生化他感作用在中国现代农、林、草原、园艺、药物栽培等各生产实践中的表现及对生产的影

* 白雪芳,甄润德,顾立华参加部分考察工作。

** 美国夏威夷大学农业生物化学系。

响，同时，从先秦到民国，系统查阅了中国古农典籍有关记载，收集整理到 600 多项生产实践中可能与生化他感作用有关的实际问题，涉及到近百种栽培植物。本文仅就在中国农业生产实践中考察获得的资料进行报道。

地区与方法

考察地区 除台湾、西藏之外的 28 省区。

考察方法 由于考察工作均在野外研究工作空余时间进行，常与农时不合，因此，考察方法是以组织座谈为主，实地观察为辅进行的。

结果与讨论

一、粮食作物

谷子(粟，小米) *Setaria italica* 为中国华北，西北地区旱田主要作物之一。各地农民均反映，种谷切忌重茬，否则产量大幅变下降，种谷之地，一般需间隔数年后，方能再种。清·祁隽藻(1836)撰写的“马首农言”记载“不怕重种谷，只怕谷重谷”，天津郊区农民谚语“谷重谷，白受苦”所反映的正是这一现象。据天津宝坻县西秀村民反映，正常年景谷子产量达 4500kg/ha 左右，如重茬，产量下降到不足 1500kg/ha，虽施足肥料无法保持产量，植株瘦弱不堪。Lee and Bark(1967)报道谷子根系分泌物抑制谷子自身生长，Bhowmik and Doul(1979)也曾报道谷子同属植物 *Setaria viridis* (Foxtail) 残体水提取液对玉米根及黄豆胚芽生长有明显抑制作用，证明谷子重茬退化现象并非单纯土壤养份问题造成，是与生化他感作用有关的。

旱稻 *Oryza sativa* 一般分布在中国南部山区，云南西双版纳地区种植较多。当地农民反映，正常年景旱稻产量达 3000~4500kg/ha，重茬连种第 2 年产量下降到 1250kg/ha，植株生长受阻，第 3 年则颗粒无收，虽施肥灌水无济于事。因此，当地农民决不连种，地少人多地区，农民实行旱稻—净芋—荞麦—燕麦—撂荒的耕种制度；地多人少地区干脆种植一季后撂荒，另开新地种旱稻，10 年后再回头开垦撂荒地使用，以保证每年旱稻产量不下降。

Stevenson (1967) 首次报道在日本和印度稻田土壤中含有足够量脂肪酸类物质抑制水稻根系生长的现象。Chandramohan(1973)从印度南部稻田土壤中分离到 Vanillic、*p*-hydroxybenzoic *p*-coumaric acid 等化学物质并发现这些物质都有明显抑制稻根及幼苗生长的作用。Chou and Lin(1976)发现，稻根残留物分解产物对水稻根系生长有很大影响，这些有害物质含量高峰为分解的第 1 个月，可继续保持达 4 个月之久，并分离得到 5 种植物毒素，其中 α -hydroxypheophytin acids 那怕只有 25ppm 浓度也明显抑制稻根生长。以上报道的各种化合物在水稻生长条件下尚且强烈影响植株及根系生长，旱地种稻，无换水洗涤条件，毒素积累当更明显，可见旱稻自毒作用也可能与生化他感作用有关。

红薯 *Ipomoea batatas*，河北、山东农民反映，红薯最多连种两年，第 3 年出现秧好薯退化现象。清·郭云陞(1896)撰写《救荒简易书》记载“红薯怕薯茬，薯茬重种薯，薯皆带薯气；红薯怕重辣椒花，辣椒花种薯，薯皆带辣气”，说明前茬作物残留化合物对后茬的影响。

水稻 *Oryza sativa*, 北京农林科学院介绍, 油菜 *Brassica spp.* 茬种水稻, 植株长势好, 产量高于小麦 *Triticum Spp.* 茬。四川、湖南农民均了解这一现象。因此, 生产中水稻—油菜倒茬已形成规范。他们认为油菜根系分泌大量有机酸类物质可帮助土壤中速效磷的释放, 增加水稻产量。Martin and Rademacher(1960)曾报道土壤中加入新鲜油芽根后种小麦, 麦苗生长最初受到抑制, 但4天后生长明显被促进。广东省部分地区推广花生 *Arachis hypogaea* 与水稻轮作, 水稻增产20~25%; 湖南则推广芝麻 *Boehmeria nivea* 与水稻轮作, 水稻增产20%左右。

小麦 *Triticum Spp.*, 宁夏农科院作物所介绍, 大麻 *Cannabis sativa* 茬种小麦生长旺盛, 比玉米 *Zea mays* 和高粱 *Sorghum vulgare* 茬好得多。Guenzi and McCalla (1966a) 从燕麦、小麦高粱和玉米残留植株中提取分离出5种酚性有机酸: *p*-coumaric、*syringic*、*vanilllic*、*ferulic* 和 *p*-hydroxybenzoic acids。第1种化合物量最大, 这5种有机酸均可明显抑制小麦苗的生长。可见, 玉米、高粱茬种麦不利于小麦苗前期生长的现象应是与生化他感作用有关。

北京农科所介绍, 小麦收获后, 稼秆堆集成垛, 下雨后从麦垛上流下的雨水流经之地很少长草。北农大农学系及黑龙江农科院在进行稼秆还田, 稼秆覆盖研究中注意到麦秸覆盖过的地里, 杂草生长被抑制, 但对下茬作物如玉米等幼苗生长也有抑制作用, 必须追肥以帮助玉米苗后期生长。这些现象应该是与麦秸中所含生长抑制物质有关, 在免耕研究中应予注意。

陕西关中, 渭北地区出产一种高品质紫麦, 据当地群众介绍, 在种麦前, 先种几年紫花苜蓿, 然后改种小麦, 则结出麦粒变为紫色。这种现象是否与紫花苜蓿根系分泌物有关值得研究。

河北安国地区为中国北方著名药乡。当地群众均实行粮、药轮种, 间种耕种方式。他们发现大黄 *Rheum officinale* 地茬口“凉”, 种小麦、玉米生长均受抑制。正常情况小麦播种后12天出苗, 但大黄茬口种麦, 出苗要晚4~7d, 长出的植株也相当瘦弱。因此当地农民在大黄茬后种麦, 一般要先种1年豆科植物以“暖”地。麦种萌发主要与土壤温度, 水份有关, 与土壤肥力关系不大, 为什么大黄可使土壤变“凉”呢? 据介绍黄芪 *Astragalus membranaceus*, 北沙参 *Glehnia littoralis* 等药材的茬口正好与大黄相反, 可使茬口变“热”, 种小麦越冬死苗少, 产量可增加5%左右。有趣的是, 按照中国医学概念, 大黄为凉性药物; 黄芪、北沙参等均为热性药物, 人服用有“泄”与“补”的反应, 而作物在此种药物种植过的茬口生长, 也表现出与人体反应相同的“补”与“泄”反应, 这种现象应该说是与药材所含有效化学成份有关。

大豆 *Glycine max*, 东北黑龙江省为大豆主产区, 每年大量出口日本, 东南亚及世界各地, 当地农民种植大豆很注意“重茬”和“迎茬”问题。所谓“迎茬”就是隔一年再种。据黑龙江农科院介绍, 大豆重茬, 迎茬均不利大豆生长, 植株叶片变小, 色枯黄, 被称为“火龙秧子”, 大豆产量可下降50%以上。因此, 北部农民搞“麦—麦—豆”, 南部搞“麦—杂—豆”或“杂—杂—豆”等三圃轮作制以克服重、迎茬对大豆生产的影响。据黑龙江农科院介绍, 他们观察到大豆重茬后根系生长受阻, 根瘤明显减少, 但未做定量统计和进一步研究工作。

Guenzi and McCalla(1962) 曾作过实验证明大豆残留物冷、热水提取物对小麦种子萌

发，幼苗根系和植株生长均有强烈的抑制作用，但未见其抑制自身生长及对根瘤生长抑制的研究工作报道。

蚕豆 *Uicia faba*、豌豆 *Pisum sativum*，也存在重茬退化现象。大麦 *Hordeum vulgar* 忌连作，否则易得黄化叶病，马铃薯地中点种芝麻可促进马铃薯生长，增产10%左右。甘肃兰州陈关营农民在马铃薯地套种向日葵，造成马铃薯生长被抑制，产量大幅度下降。

二、油料作物

花生 *Arachis hypogaea* L.，天津、河南、广东等地农民反映，花生种植忌重茬，第1年产量可达3800~4500kg/ha，重茬结果，植株生长被抑制，果夹数由正常年30~40个减少到10个左右，果荚小，空壳率高，产量可下降50%。花生茬也不宜种植大豆。湖南林科所观察到枣树 *Chinese date* 林种花生，一棵也不能活，黄麻 *Corchorus capsularis* L. 茬种花生，花生生长被抑制，明显减产。

油菜 *Brassica spp.*，四川西南农学院农学注意到油菜种植连作、菌核病极易发生，受害植株高达50%。Wright(1956)报道 *Brassica hirta* 种子在琼脂上可产生可扩散的抗生素物质形成的抑制 *Bacillus subtilis* 生长的地带。Muller et al. (1964), Bell and Muller(1973) 报道油菜种子中所含抑制物质对牧草种子萌发及根系生长有抑制作用，未见自身抑制现象报道。

芝麻 *Sesamum indicum* L. 天津宝坻县群众反映，芝麻不能重茬，否则只长苗不结子，正常年景产量可达600kg/ha，重茬将颗粒无收。当地俚语“十年芝麻九年瓜”，谈的就是种芝麻必须间隔多年，不能重茬。

芝麻根系分泌物抑制棉花生长。1987年湖南一些地区棉田缺苗，补种了芝麻，结果棉苗又被毒死30%左右。湖南、云南等省茶农反映种芝麻可有效克制茶园主要杂草白茅 *Imperata cylindrica* 的生长，湖南湘西地区茶农建茶园之前，先种一年芝麻以杀死白茅，然后种茶树，则可免除白茅的危害。湘西地区农民还有点种芝麻以防治农田野生毛竹 *Phyllostachys pubescens* 漫延的经验。

对芝麻生化他感作用的观察，中国古农典籍中记载较多，南北朝后魏贾思勰所著《齐民要术》中记载“慎勿于大豆地中杂种芝麻，扇地两损，而收菲薄”；北宋苏轼(1037—1101)所著《物类相感志》记载“芝麻骨插竹园四周，竹不沿出”；明·冯应京(1601)撰写的《月令广义》中记载“竹根穿堵，以皂角刺或芝麻楷或官桂未埋砌中，则竹根止此矣”。明·邝璠(1502)付刻《便民图纂》说“凡开垦荒田，烧去野草，犁过，先种芝麻一年，使草木之根败烂后，种稻，则无荒草之害，盖芝麻之于草木若锡之于五金，性相制也，务农者不可不知”等。特别是明·陈继儒(陈眉公)于1936年补订《致富奇书》款部介绍开荒种芝麻除草时，认为“芝麻叶上泻下雨露最苦，草木治之必萎，凡嘉果木之矛，勿种芝麻。”，这样的记载应说明，我国古农业已注意到芝麻的生化他感现象了。然而现代对芝麻生化他感作用研究很少，应引起重视。

油茶 *Camellia oleifera*，湖南林科所介绍油茶苗圃不能连种，必须换土，否则树苗生长受抑制。油茶林下种姜 *Zingiber officinale*，生姜可增产30%左右，生长明显被促进。

白杨树 *Populus tomentosa* 混种油茶林中可有效防治油茶炭疽病，Dormaar(1970)曾报道过杨属植物叶的淋洗物中含大量简单的酚性化合物，其中有好几种被认为是对其他植物有明显抑制作用的。Olsen et al(1971)报道，杨属植物 *P. tremula* 叶子中含有抑制真菌生长

的物质，如 Benzoic acid 等。这类报道还有很多，是否因杨树能分泌抗菌物质从而避免油茶炭疽病的发生，有待进一步研究。

向日葵 *Helianthus annuus* 河北天津农民反映向日葵重茬退化明显，花经由 30~40cm 下降到 10cm 左右，种子空壳率很高。宁夏农民反映向日葵茬口对后作植物生长均有抑制，施足肥料也不行。Wilson and Rice(1968)报道，向日葵叶淋洗液中分离到一种萘的衍生物，具有明显抑制其他植物生长的作用。

油棕 *Elaeis guineensis* 为中国南方新发展的一种油料作物，油棕生长过的地方几乎寸草不生，重种油棕幼苗也长不好，在云南景洪热带作物所种植园中观察到，距油棕植株 4 米以内生长的咖啡 *Coffea arabica*，香蕉 *Musa spp.* 植株均受到明显抑制，其高度只有对照的一半。

三、经济作物

烟草 *Nicotiana spp.* 种植怕重茬，否则幼苗瘦弱，极易发生病害，大幅度减产，品质者明显下降。云南玉溪地区，烟草与玉米轮种，每年倒挨，烟叶生产长年不衰。贵州、河南等地农民均有烟草种植忌重茬的经验和教训。烟草种植忌茄科植物茬，否则极易发生病害。Lee et al(1967)曾报道在朝鲜茄科植物 *Solanum melongena* 连作将降低收成，他认为是根系分泌物对自力生长的抑制作用造成，烟草重茬后花叶病毒病极易发生是否因其自毒作用造成植株生长萎弱，抗病力下降所致，是值得认真研究的。

棉花 *Gossypium hirsutum* 是耐连作植物，但棉花红蜘蛛虫害是生产中存在的问题之一，湖南、陕西等省农民在棉田中种大蒜 *Allium Sativum*，洋葱 *Allium cepa* 可有效抑制红蜘蛛危害，可增产棉花 10% 左右。植物与动物之间相生相克现象是否归入生化他感研究范畴，目前尚有争论。

甜菜 *Beta vulgaris* 为我国北部主要食糖生产原料，但甜菜重茬也存在产量下降，易发生病害的问题，且甜菜茬后任何作物均难以生长好，这些地区出现了糖，粮争地的尖锐矛盾。

茶 *Camellia sinensis*，种茶缺苗后，在原穴补种茶树一般很难成活，补种茶苗必须换土，否则只能缺棵断垄。湖南茶叶研究所介绍，茶园中种胡麻 *Sesamum indicum*，荞麦 *Fagopyrum spp.* 等均可明显抑制茶树生长，间种桃树 *Prunus persiea*，则茶树枝叶枯萎，桃树根系分泌物可导致茶树根系腐烂；相反，蚕豆 *Vicia faba* 则可明显促进茶树生长，增加茶叶产量。

云南西双版纳地区发展三叶橡胶树 *Hevea brasiliensis*—茶树人工生态群落和黄樟 *Cinnamomum porrellum*—茶树人工降落均获得成功，胶茶双丰收，在云南，海南已推广近 $3 \times 10^7 \text{ m}^2$ ，经济效益显著。然而考虑到光，温，湿度等因素建立的桉树 *Eucalyptus bicostata*—茶树，铁刀木 *Cassia siamea*—茶树人工生态群落均完全失败，林下茶树难以成活。

Baker(1966)报道，*Eucalyptus globulus* 产生的挥发性物质可抑制其他植物生长而不抑制自己幼苗生长；Moral and Muller(1970)报道 *E. comaldulensis* 树叶中分离得到 4 种大量存在的植物生长毒素，其中两种是 α -pinene 和 1:8-cineole，并发现这些物质在树下土壤中大量存在。可见，桉树下种茶，茶树生长被抑制的现象应属生化他感现象。

四、蔬菜栽培

大椒 *Capsicum frutescens* 原是北京著名蔬菜，个大色艳品质好。第 1 年种植产量可达

75000 kg/ha。但大椒切忌连作，否则品质产量均明显下降。北京门头沟整家庄由于三年连种大椒，产量下降到 10000kg/ha，有的地方连秧子也长不起来，只好停止生产。目前北京大椒已完全看不见生产，新基地西移至张家口。

西红柿 *Lycopersicum esculentum* 连种第 2 年，产量可由 75000kg/10⁴m² 下降到 56000kg/10⁴m²。如再连种，花叶病严重发生。据北京和天津农民介绍，种西红柿换地不需很远，只要翻过一个垅沟就可明显扭转退化现象。

根据以上考察的 4 种茄科植物，烟草，马铃薯，大椒，番茄忌连作情况可以看出，茄科植物栽培忌连作应是普遍现象。连作退化，抗花叶病毒能力下降的现象可用换地，那怕仅仅转移到相邻的一片地上种植就可有效防止。因此，茄科植物植株代谢产物或残枝败叶分解物在土壤中的积累对植株自身生长及抗病能力的影响这一生化他感因素是应该认真研究的。

菜豆 *Phaseolus vulgaris*，菜碗豆 *Pisum sativum*，蚕豆 *Vicia faba* 等均存在连种减产植株生长受抑制问题。

西瓜 *Citrullus Lanatus*、中国甜瓜 *Cucumis melo*、黄瓜 *C. sativus*、南瓜 *Cucurbita moschata* 均存在连作生长受抑制，瓜形变小，畸形瓜增多，产量下降 20~60% 的问题，且极易发生病害。

山芋 *Solanum tuberosum*，甘肃张掖雷家庄群众反应，山芋和番茄种在一起，山芋生长受到番茄的抑制，酒泉农民反应，向日葵抑制山芋生长且使山芋极易得病。

茴香 *Foeniculum vulgare* 常夏收后种，但必须与其他蔬菜分开种，甘肃酒泉怀下村民反映，如将茴香与其他蔬菜种在一起，其他蔬菜生长被抑制。

菜瓜 *Cucumis nrelo* 不能与西瓜、甜瓜混种，新疆吐鲁番地区群众反映菜瓜抑制其他瓜类生长，新疆石河子农垦科学院农业所介绍，西红柿抑制黄瓜生长，因此，不能间种。

四季萝卜 *Raphanus sativus*，河北，河南很多地方农民都反映，种萝卜一定要选甜茬，种出萝卜才能甜脆可口，如选用葱，蒜等辣茬种萝卜，则萝卜品质下降，这一经验中国南方各省也相当重视。

甘蓝 *Brassica napobrassica*，芹菜 *Apium graveolens* 不能间种，湖南林科所介绍，此两种蔬菜相互抑制。

冬瓜 *Benincasa hispida*，湖南，广西群众反映，冬瓜与南瓜决不能混种，否则南瓜不结实，冬瓜生产影响不大。

韭菜 *Allium tuberosum*，上海农科院土肥所介绍韭菜地间种辣椒，辣椒叶变黄，生产明显被抑制。

甜瓜 *Cucumis melo* 在新疆哈密，甘肃酒泉地区种植很多，当地群众介绍凡生长过甘草 *Glycyrrhiza vuralensis* 的土地改种甜瓜，一定能获丰收，生长明显受到促进，产量高，品质好。

叶用藜菜 *Beta Vulgaris* 在西南各省均广泛种植可食用，也为饲料植物，据重庆市农科所介绍，叶用藜菜与西红柿间种，可有效防治西红柿连种的退化现象，不换地也可防止花叶病毒病的发生，西红柿生长被促进，产量高。

五、结束语

由于人多地少，人均占有耕地不足 1/15ha 的条件限制，中国农业必须在有限土地上经营多品种植物栽培以满足人民生活及工业原料供应，因此，中国农业复种指数高，倒茬，间种频繁成为一个明显的特点。这一特点决定中国农民和科研工作者必须去注意观察栽培植物之间的相互克生关系，以便能在有限土地上获得更多更好的产品，他们注意到大量有关现象，积累了丰富知识，这些知识和经验无疑将有助于我们去寻找和认识生化他感作用在农业生产中的表现规律及对生产的影响，但在田间出现的任何现象都是复杂的生态因子综合影响的结果，很难将某现象的出现仅归结于某一个自然因素所导致，要从众多影响因素中分辨出哪些是生化他感作用的表现或直接、间接与生化他感作用有关，尚需进一步的实验研究来证明。这正是我们需要去努力并值得去研究的课题。

参 考 文 献

- [1] 贾思勰(公元534)“齐民要术”。“中国农学遗产选集甲种第七种”。农业出版社。p. 50—51。
- [2] 苏轼。(1037—1101)“物类相感志”“中国农学遗产选集甲种第七种”，农业出版社。p. 31。
- [3] 冯应京(1601)“月令广义”“中国农学遗产选集甲种第七种”农业出版社。p. 33。
- [4] 邱璠(1502)“便民图纂”“中国农学遗产选集甲种第七种”农业出版社。p. 35。
- [5] 陈眉公(1936)“致富奇书”“中国农学遗产选集甲种第七种”农业出版社。p. 65。
- [6] Baker H. G. 1966. Volatile growth inhibitors produced by *Eucalyptus globulus*. *Madrono* **18**, 207—210.
- [7] Bell D. T. and Muller. 1973. Dominance of California annual grasslands by *Brassica nigra*. *Am. Mid. Nat.* **90**: 277—299.
- [8] Bhowmik, P. C. and Doll, J. D. 1979. Evaluation of allelopathic effects of selected weed species on corn and soybeans. *Proc. North Cent. Weed Control Conf.* **34**: 43—45.
- [9] Chandramohan, D., et al. (1972) Soil phenolics and plant growth inhibition. *Plant Soil* **39**, 303—308.
- [10] Chou, C. H. and Lin, H. J. (1976) Autoxidation mechanisms of *Oryza sativa*. 1. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil. *J. Chem. Ecol.* **2**: 353—367.
- [11] Dormaar, J. F. (1970) Seasonal pattern of water-soluble constituents from leaves of *Populus* x “north-west” (hort.) *J. Soil Sci.* **21**: 105—110.
- [12] Guenzi, W., and McCalla, T. M. (1966a) Phenolic acids in oats, wheat, sorghum, and corn residues and their phytotoxicity *Agron. J.* **58**: 303—304.
- [14] Guenzi, W. and McCalla T. M. (1962). Inhibition of germination and seedling development by crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* **26**: 456—458.
- [15] Lee, I. K. et al. (1967) Studies on the sick soil phenomena of *Setaria italica* and *Solanum melongena*. *Nut. Eng. Stud. Ser.* **7**: 39—44.
- [16] Muller, C. H. et al. (1964). Volatile growth inhibitors produced by shrubs. *Science* **143**: 471—473.
- [17] Rice E. L. “Allelopathy” A academic press INC. 1984.
- [18] Stevenson, F. J. (1967) Organic acids in soil. in “Soil Biochemistry” pp. 119—142. Dekker, New York.
- [19] Wilson R. E. and Rice E. L. (1968). Allelopathy as expressed by *Helianthus annuus* and its role in old-field succession *Bull. Torrey Bot. Club* **95**: 432—448.
- [20] Wright, J. M. (1956). The production of antibiotics in soil 6. Production of antibiotics in coats of seeds sown in soil *Ann. Appl. Biol.* **44**: 561—566.

THE INVESTIGATION REPORT OF ALLELOPATHY IN CHINESE AGRICULTURAL PRODUCTION

Zhang Baochen Tao Yanduo Tang Congshi

(Northwest Plateau Institute of Biology, Academia Sinica)

The investigation about the expression and influences of allelopathy in Chinese

agriculture production has carried out from 1985 to 1988. The scope of the investigation covered 28 provinces, municipalities directly under central authorities and autonomous regions except Taiwan and Xizang. The fields of the investigation included grain crops, oilbearing crops, economic plants and vegetable growing. The result of the investigation proved that the allelopathy is a natural phenomenon which exists in chinese agriculture production universally and influenced the output of **crops** in intercropping, mixed sowing and rotation of crops.

Key words Allelopathy Chinese agriculture Investigation.

中国林业生产中的植物生化他感作用

陶 燕 锋 张 宝 琛

(中国科学院西北高原生物研究所)

摘要 我们于1985—1988年间对植物生化他感作用在我国林业生产实践中的各种表现型式及对生产的影响进行了全国性调查。结果表明,在我国各种类型的林区及造林地,存在有许多与植物生化他感作用有关的自然现象,我们把这些自然现象归纳为三种表现类型,即植物种内生化他感现象(自毒作用);植物种间生化相克和生化相生现象;植物与土壤微生物(包括病原微生物)之间的生化相克和生化相生现象。并对各种现象的表现型及其对生产的影响进行了分析和讨论。

关键词 林业 生化他感 表现型

在植物界各类型生态系统中,植物种内及种间以及植物与其周围环境中存在的微生物之间,广泛存在着相互依存和相互竞争的关系。在长期生存竞争和自然淘汰过程中,各物种都形成了自己特有的防卫手段以争取自身生存的条件。凡是“化学”性质的防卫手段均可归入生化他感现象范畴,过去曾翻译为“异株克生现象”或“生化相克”。

Molish(1937)首先定义了“异株克生”,认为“某种植物排出的化学物质直接或间接地影响其它植物的生长发育,这种作用包括有害作用,也包括有益作用。”Rice(1974)在他所著《生化相克》一书中重新定义了这一概念为“一种植物借助于释放到环境中的化学物质而对另一种植物施加直接或间接的有害影响”,并用大量资料阐述了从高等植物到微生物之间生化相克现象的广泛存在及它们之间生化关系的大多数表现型。这些释放到环境中的物质一般是分子量较小、结构较简单的有机化合物,它们有些具有活化剂作用,而另一些则可能对有机体中各种生理过程起阻抑作用。这些物质通过植物的挥发性物质、枯枝落叶腐烂分解后存留物,雨水冲淋及根系分泌物的途径进入环境中,从而影响到其它植物或微生物的生长发育。随着这一学科的进一步发展,许多种间促生现象被揭示,下面我们就林业生产实践中生化他感作用的表型及对生产的影响调查结果分类进行报道和讨论。

一、单一植物群落的自毒作用

重庆林科所在杉木(*Cunninghamia lanceolata*)的培育过程中发现,这种树木不能连栽,苗圃育苗也必须更换苗床,从表1数据中可以看到连栽和继续育苗对杉木生长的影响。

在西双版纳,热带植物研究所种了一片团花(*Phellodendron amukense*)人工林(约19998

表 1 连栽对杉木生长的影响

Table 1 The influence of continuous planting on the growth of *Cunninghamia lanceolata*

连栽代数 Generation	直径(10年材1.3m径高)厘米 Diameter in the tenth yeay (1.3M. high place) cm.	育苗成活率(%) rate of qualified in same nursery(%)
1	24~28	
2	12~24	70~80
3	<12	<50

m^2 ）。单生树木10年生长量可达 $1 m^3$ /株,人工林经营管理比野生树种好的多,但10年后,这片团花树林的长势只有单生树种的一半,他们由此提出了调查伴生树种的问题。

黄菠萝(*Phellodendron amukense*)天然林主干笔直高大,茎粗可达40~50cm,树高20m以上,但在营造纯林时,树木长势很弱,很多树木长成小老树,主干成形不好,林子郁闭快,虽经施肥也不能解决问题。在东北林学院试验林场,有一片长了30多年的黄菠萝纯林,林子长势极弱,树状很不好。

在育苗生产中,山杨(*Populus davidiana*),苹果(*Malus pumila*),油松(*Pinus tabulaeformis*),红松(*P.koraiensis*)都不适于在同一圃地上连续育苗,否则苗木长势弱,成活率很低。

核桃楸(*Juglans mandshuricq*),家榆(*Ulmus pumila*),白榆(*U. propinqua*),核桃(*Juglans regila*),臭椿(*Ailanthus altissima*),小叶杨(*Populus simonii*),青杨(*P. cathayana*),山桃(*Prunus davidiana*),檫树(*Sassafras tsumu*),桷栎(*Quercus aliena*),山杏(*Prunus armaniae*),旱柳(*Salix matsudala*),栓皮栎(*Quercus variabilis*)等树种作为散生树种时生长状况都很好,但在成片生长或营造纯林时,生长变得缓慢且生长状况不良。这些树木由于其代谢产物在环境中积累的影响,在造林生产中表现出明显的“自毒”作用。

落叶松(*Larix gmelinii*)腐枝落叶酸化土壤,造成林下其它植物很难生长,也妨碍落叶松自身的更新(表2)。还有苹果,桃(*Prunus persica*),柑橘(*Citrus sinensis*)等果园内果树更新或补栽必须离开原穴或换土,否则树苗难以成活或生长萎弱,表现出明显的自毒作用。

表2 不同树种林下植物分布*
Table 2 The distribution of plants under different tree species

树种 Species	植物种类数(m^2) Number of species (m^2)	植物总株数(m^2) Total number of individuals (m^2)
落叶松 <i>Larix gmelinii</i>	1	1.2
红松 <i>Pinus koraiensis</i>	4	7.7
柞树 <i>Quercus mongilica</i>	7	121.0

* 黑龙江戴岭招待所院内
In the garden of Dai-ling hotel in 1988.

二、植物与植物之间的生化他感作用

1. 种间抑制作用

四川壁山东风林场造大叶桉林(*Eucalyptus robusta*)同时开带间种广柑(*Citrus keticulus*),开始几年大叶桉长势良好,5年后广柑开始挂果,大叶桉大量死亡,无一成材。

在中缅边境的盈江县,热带雨林被破坏后,改种香料作物香茅草(*Cymbopogon citratus*),结果几年后全部被野芭蕉(*Musa basjoo*)替代,变为大面积野芭蕉林,香茅草全部死光了。

云南林科所院内1979年引种了三株圣诞树(*Euphorbia pulcherrima*),仅9年时间发展到200多株,占地 $210m^2$,凡是圣诞树延伸到的区域,其它树种无论大小均完全被排斥抑制致死,甚至连高大的云南松(*Pinus yunnanensis*)也不能幸免。

在湖南湘西地区,造林整地中发现小箭竹(*Sinarundinaria spp.*)群落一旦形成,将排斥所有其它树木,而且其根系发达,极难清除。当地群众发现在竹林中点种芝麻(*Sesamum indicum*),第二年就可以消灭整个小箭竹林。

云南大理洱海公园1975年建园时选择速生树种楠桉(*Eucalyptus globulus*)为主要绿化树种,10年后绿化成功,可进行“美化”时发现除个别菊科和唇形科植物在林下生长外,原有的100多种高等植物大部分都被排挤了,在楠桉林中砍出15m宽的林带间种保水力强的水冬瓜(*Adina racemosa*)和栎属、松属植物,但种上后苗木受到明显抑制且成活率极低,其生长量不到正常生长的20%,而且大多在几年后变成小老树。目前洱海公园的单一楠桉林连防火也成了问题。

以高大的铁刀木(*Cassia siamea*)作阴蔽树种下面种植咖啡(*Coffea liberica*),咖啡根本不能成活。铁刀木上没有寄生植物,因为铁刀木中含有的黑色物质可以沉积在土壤中对其它树种及草本植物生长均有抑制作用。

西双版纳热带植物园的科研人员在橡胶(*Hevea brasiliensis*)林下种萝芙木(*Rauwolfia verticillata*)和可可(*Theobroma cacao*),双种类型的树种长势都很好,但萝芙木中利血平含量下降,可可中咖啡碱的含量降低。

昆明安宁光明园艺场职工在苹果园内套种香料植物时发现,香叶天竺葵(*Pelargonium graveolens*)叶子挥发油影响苹果结实,苹果产量明显下降。

西双版纳地区人工生态林实验发现,橡胶—茶树(*Camellia sinensis*),黄樟(*Cinnamomum porrectum*)—茶树人工生态群落均获得成功,但以桉树、铁刀木做阴蔽树种与茶树建造人工混交林遭到失败,这是因为桉树及铁刀木雨水洗脱物及根系分泌物对茶树生长均有明显的毒害作用。

棕榈科植物根系分泌物也抑制其他植物生长。在景洪热带作物研究所实验地里种植的咖啡、香蕉等经济作物,凡是靠近油棕(*Elaeis guineensis*)4m之内的植株均表现出明显的生长被抑制现象。

在北京地区,杨树(*Populus tomentosa*),枫树(*Liquidambar formosana*)作行道树和农田防护林,对田间作物白菜(*Brassica pekiennensis*),玉米(*Zea mays*)、小麦(*Triticum aestivum*)等植株生长均有明显抑制生长的作用。在以旱柳(*Salix matsudare*)作为行道树时,小麦、棉花(*Gossypium hirsutum*)玉米等植株距离树越近生长越矮小。

2. 种间相互促生作用

表3所示为北京林果所1955~1956年在一般圃地和育过一年板栗(*Gastanea mollissima*)圃地上培育油松时发现的植物种间相促生作用。

核桃树下种任何植物都难以成活,但山楂(*Crataegus pinnatifida*)在核桃树下的长势却特别好。楠木(*Phoebe zhennan*)和胡颓子(*Elaeagnus pungens*)在一起伴生长势特别好,楠木

表3 不同茬口苗圃地对油松育苗的影响

Table 3 The influence of different stubble plots on *Pinus tabulaeformis* sapling cultivation

年代 Year	苗圃 Nursery	茬口 Stubble	一年生幼苗生长 growth of annual sapling				合格率 rate of qualified
			总株数 number	直径 diameter	高度 high		
1955	研究所苗圃对照 Institute (control)	一般 general	100000~100000	0.18~0.20cm	6~7cm		70~80(%)
1955	研究所苗圃 Institute	板栗 <i>Castanea mollissima</i>	200000	0.30cm	10~15cm		100(%)
1956	温泉苗圃 Institute	板栗 <i>Castanea mollissima</i>	300000	0.30cm	10~15cm		100(%)

苗单独移植则不成活。

东北小兴安岭地区将水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)与落叶松间隔造林时发现落叶松与水曲柳这两个树种之间有明显的相互促生作用，而这两个树种自身都表现出明显的自毒作用(见图1)。

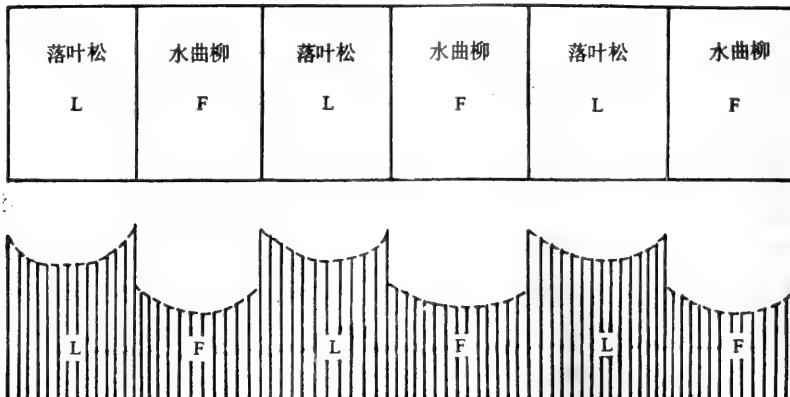


图1 落叶松林与水曲柳林相互促进示意图

Fig. 1 The sketch of interstimulated phenomenon between *Larix chinensis* wood and *Fraxinus mandshurica* wood

调查资料中，在我国各地人工林实验中观察到混交林树种相互促生的例子还有：杨树与小洋槐(*Robinia pseudoacacia*), 楠竹(*Phyllostachys pubecens*)与杉木，麻栎(*Quercus acutissima*)与油松，杨树与沙棘(*Hippophae rhamnoides*)，紫穗槐(*Amorpha hurticosa*)与杨树，红松与椴树(*Tilia amurensis*)，山鸡椒(*Litsea cubeba*)与油茶(*Camellia oleifera*)马尾松(*Pinus masoniana*)与青冈木(*Cyclobalanopsis glauca*)，香樟与枫香(*Liquidambar formosara*)等。东北伊春地区利用柳树枝条的浸提液浸泡其它植物的插条以刺激萌生生根，因为柳枝中含有促进根系生长物质。

三、植物与微生物及昆虫间的生化他感

在四川省，马尾松毛虫的发生以纯林最严重，但在大头茶(*Gordonia spp.*)与马尾松混交林中几乎见不到松毛虫。在松毛虫大发生时这种混交林也是安全的。

哈尔滨园林处第三苗圃的经验，如果在苗圃中种植草本植物紫苏(*Perilla frutescens*)第二年育苗时地下害虫、尤其是金龟子(*Holotrichia diomphalia*)的数量大为减少，很少发生虫害。

未经消毒的茄科植物土壤不能用作圃地，如果圃地种过土豆(*Salanum tuberosum*)或其它茄科植物，第二年云杉(*Picea asperata*)育苗中杉木猝倒病严重发生甚至一株不生。而山鸡椒与油茶混交可有效防止油茶烟煤病的发生。

东北林场中只有柞树(*Quercus mongilica*)的死节斑上才能见到猴头菌(*Hericium erinaceus*)的生长，松林内才可见到牛肝菌 $Boletus$ 及茯苓(*Poria cocos*)。

讨 论

在一个具体的生态系统中任何一种自然现象表现出来的都是众多生态因子协同影响的

结果。我们之所以把上述调查中得到的自然现象归结于“生化他感范畴”，是因为这些现象发生的主导原因与“化学因子”有关，即与植物体排出体外代谢产物在环境中的积累有关。而这一“化学”因子恰恰是我们传统理论及生产实践中注意不够的重要生态因子之一。由于植物生化他感作用在我国还是一门相当新的研究领域，很多研究工作刚刚起步，所以我们的讨论部分大多引用国外资料来进行。

1. 自毒作用是指单一植物群落植物代谢产物在环境中积累后，对自身种子萌发、苗生长及生长速度的抑制作用。

Lill & Waid(1975 1976 1979)、Chu-chou(1978)等人在研究新西兰和澳大利亚用材树种(*Pinus radiata*)时发现，这种树可产生一种挥发性代谢产物——乙烯，这种物质不仅可抑制自身种子萌发，也明显抑制其幼苗生长。把该树种幼苗种在掺有不同比例老树根土中，其生长高度会降低20—80%，土和老树根混合物水提液对幼苗生长有明显抑制作用。

在美国和欧洲，旧果园更新是一个普遍存在的问题，其中尤以桃、苹果和柑桔园更新过程中自毒现象报道较多。Proebsting & Gilmore在实验中发现桃树根皮中含有苦杏仁苷。试验证明苦杏仁苷对树苗没有毒害作用，但将苦杏仁苷和微量苦杏仁苷酶同时处理幼苗时便会发生严重的伤害作用。这是由于苦杏仁苷酶将苦杏仁苷分解后产生了对幼苗有毒害作用的氰氢酸。Börner(1959)在研究苹果园更新的自毒作用时发现其树根的代谢产物根皮苷在微生物分解下形成根皮素、 β -羟基氢化肉桂酸和间苯三酚、 β -羟基苯甲酸等系列酚性化合物，这些酚性化合物均能明显抑制苹果苗根系及植株的正常生长。

以上例证均说明单一植物群落中自毒作用的客观存在，这种作用是导致单一群落生长迟缓，逐渐退化及更新困难的重要原因之一。

2. 关于植物种间生化他感作用人们研究报告的很多。如 Rice(1984)、Perry(1932)报道了黑胡桃(*Juglans nigra*)可杀死生长在其附近的美国王针松(*Pinus strobus*)刺槐(*Robinia pseudoacacia*)等木本植物。Fisher(1978)报道胡桃树代谢产物胡桃醌是导致这种强烈毒害作用的主要化学物质之一。Lee 和 Monsi(1963)报道占南朝鲜森林70%左右的日本赤松(*Pinus denoiflora*)林下植被非常稀疏，这是由于日本赤松地上部分排入土壤中的化学物质丹宁和 β -香豆酸对其他植物生长的生化相克作用所致。

3. 关于植物与微生物之间生化他感作用研究林业部分报道不多，但也足以证明这种表现形式的客观存在。Olsen(1971)等人发现欧洲山杨(*Populus tremula*)叶中分离出苯甲酸、邻苯二酚这些物质，在实验室中对牛肝菌属几个种的生长显示出强烈的抑制作用。Krogstad 和 Solbrea(1975)用新鲜的和经过堆放的云杉树皮提取物测定其对几种微生物蛋白酶和脱氧核糖核酸酶的影响，结果表明新鲜树皮提取物有明显抑制其活性的能力而经堆放的树皮提取物则失去抑制其活性的能力。

4. 综上讨论可以看出，在林业生产实践中广泛存在着植物生化他感作用。虽然我们考察所获得的材料还需要经过实验来进一步证明，但生化他感作用这几种表现形式的存在对林业生产的影响是不应被忽视的。事实上在生产中我们已经注意到营造混交林比造纯林优越以及树种搭配、育苗时圃地土壤处理等问题。如果能对林业生产中生化他感作用有更深入的了解，无疑会对我们的生产实践有很大帮助和提高。

关于植物与昆虫之间生化他感作用目前还有不同看法，有人认为应归于生化他感作用研究范畴，有人认为不应归入，我们在考察中发现我国林业生产实践中也存在这种现象且

与生产关系密切，我们将这类例子中的典型也做了报道以供科研和生产部门参考。

参 考 文 献

- [1] Borner, H. 1959. The apple replant problem. 1. The excretion of phlorizin from apple root residues. *Contrib. Boyce Thompson Inst.* **20**: 39—56.
- [2] Chu-Chou, M. 1978 Effects of root residues on growth of *Pinus radiata* and a mycorrhizal fungus. *Ann. Appl. Biol.* **90**: 407—416.
- [3] Krogstad, O. and Solbraa, K. 1975 Effects of extracts of crude and composted bark from spruce on some selected biological systems. *Acta Agric. Scand.* **25**: 306—312.
- [4] Lee, L. K., and Monsi, M. 1963. Ecological studies on *Pinus densiflora* forest 1. Effects of plant substances on the floristic composition of the undergrowth. *Bot. Mag.* **76**: 400—413.
- [5] Lill, B. E. and Waid, J. S. 1975. Volatile phytotoxic substances formed by litter of *Pinus radiata*. *N Z. J. For. Sci.* **5**: 165—170.
- [6] Molisch, H. 1937. "Der Einfluss einer Pflanze auf die andere-Allelopathie" Fischer, Jena
- [7] Mountain, W. B., and Patrick, Z. A. 1959. The peach replant problem in Ontario. 7. The pathogenicity of *Pratylenchus penetrans* (Cobb, 1917) Filip. and Stek, 1944. *Can. J. Bot.* **37**: 459—470.
- [8] Olsen, R. A. 1973. Triterpen glycosides as inhibitors of fungal growth and metabolism. V. Role of the sterol contents of some fungi. *Physiol. Plant.* **28**: 507—515.
- [9] Patrick, Z. A. et al. 1964. Effect of crop residue decomposition products on plant roots. *Annu. Rev. Phytopathol.* **2**: 267—292.
- [10] Perry, G. S. 1932. Some tree antagonisms. *Proc. Pa Acad. Sci.* **136**—141.
- [11] Proebsting, E. L., and Gilmore, A. E. 1941 The relation of peach root toxicity to the reestablishing of peach orchards. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* **38**: 21—26.
- [12] Rice, E. L. 1974 "Allelopathy." Academic Press, New York. 1984 "Allelopathy." Academic Press, New York.

PHENOTYPES AND APPLICATION OF ALLELOPATHY ON CHINESE FORESTRY PRODUCTION

Tao Yanduo Zhang Baochen
(*Northwest Plateau Institute of Biology Academia Sinica*)

Investigation about the phenotypes and applications of Allelopathy on Chinese forestry production has out from 1985 to 1988. The scope of investigation is from Qinling mountain area to Xiaoxinganlig forest and the tropics subtopics forest in the southern of China. The result showed that the phenomena of Allelopathy are different on difference forests and afforested lands. We could analyse and sum up all the phenomena into three main phenotypes.

- A. Plant's self-harm action.
- B. The interpromotion and interinhibition among plants.
- C. The interpromotion and interinhibition between plants and microorganism, plant diseases or insect pests.

Key words Chinese forestry Allelopathy Phenotype

蜘蛛化学通讯的研究

李代芹

(湖北大学生物系)

摘要 本文综述了蜘蛛化学通讯的研究进展。有关蜘蛛化学通讯的研究大致有以下7个方面的结果：(1)现已发现的蜘蛛信息素有性信息素、警戒信息素和社会性信息素至今还没有发现蜘蛛有先导信息素；(2)蜘蛛的表皮腺和丝腺有产生信息素的可能，但蜕皮激素中不含有性信息素；(3)化学感受器主要有触化感受器和远距离化学感受器；(4)蛛丝是蜘蛛的一种独特信息素载体；(5)非社会性蜘蛛的求偶定位主要利用性信息素，性信息素对社会性蜘蛛的求偶定位相对不重要；(6)蜘蛛化学通讯方式及信息素产量的日周期随发育、生殖、激素水平等内部因素和温度、食物、光照等外部因素的变化而变化；(7)蜘蛛的信息素一般溶解于普遍无机和有机溶剂，而这些溶剂使其很快失活。最后提出了蜘蛛化学通讯研究的发展方向及应用前景。

关键词 蜘蛛 化学通讯 信息素

全球已知蜘蛛种类3万余种，估计我国至少有3000余种，种类之多仅次于昆虫。蜘蛛并不是一种特殊的通讯动物，而是一种孤独沉默的捕食者(Uetz et al, 1985)，蜘蛛脊椎动物的通讯系统与已广为人知的昆虫相比较长期以来并不是科学的研究的对象。至今为止，在国内，蜘蛛化学通讯的研究无人问津，国外虽然早在19世纪末就已开始研究。近100年来，有关蜘蛛化学通讯的研究只重于化学感受器形态学和生理学以及行为水平的初步描述和分析上，而对蜘蛛化学通讯中的信息素化学及其在蜘蛛行为、生态学中的作用研究仍处于萌芽状态。最近在美国Witt & Rovner(1982)出版了一本题为《蜘蛛通讯机理及生态学意义》的书，为这类动物化学通讯的研究作出了良好开端。现将蜘蛛化学通讯研究的国内外概况作一综述，并希望这项研究能迅速发展起来，为保护和利用蜘蛛防治害虫作出贡献。

一、信息素及其行为效应

信息素可以根据其对接受动物的作用进行分类。Wilson(1968)认为有两类化学信息素：释放性信息素(Releaser pheromones)和先导信息素(Primer pheromones)。释放性信息素引起即刻的行为效应，并且可以根据它们所引起的作用进一步分为性信息素(Sex pheromone)、警戒信息素(Alarming pheromone)和社会性信息素(Social pheromone)等。先导信息素不引起行为反应，但引起接受者生理上的变化。蜂黄物质就是这种先导信息素的例子，它抑制工蜂卵黄的发育(Wilson, 1971)。到目前为止，在蜘蛛中还没有证实有先导信息素存在。

释放性信息素通过接受者定位或运动率的改变以增强或抑制的方式作用于动物行为。现已发现蜘蛛可产生下列几种信息素：

1. 性信息素 性信息素普遍存在于各类动物中，能刺激动物的性行为。这种性信息素也存在于不同科的蜘蛛中。Bristowe & Locket(1926)、Kaston(1936)、Platnick(1971)

对这方面的早期研究作了综述。他们认为，触觉性信息素与雌蛛的蛛丝或表皮有关，它能引起同种雄蛛的一系列交配行为。狼蛛 *Pardosa amertata* 雄蛛对雌蛛的拖丝有反应，表现出相应的交配和搜寻行为，而狼蛛 *P. ramulosa Schizocosco ocrarata* 对拖丝仅表现为搜索反应。

在社会性蜘蛛中，性信息素相对地不太重要，Jackson(1978)指出，*Mallos gregalis* 雌蛛的拖丝并不引起同种雄蛛的求偶行为。在这种社会性种类中，雄蛛把性显示作用融合于它们的日活动节律之中。

2. 跟踪信息素 跟踪信息素是触发蜘蛛“跟踪”行为必不可少的因素。狼蛛雄蛛跟随雌蛛留下的拖丝痕迹走。但是雄蛛一旦开始追随，触觉信号(来自蛛丝)也是很重要的(Tieltjen, 1982)。

3. 警戒信息素 许多种蜘蛛都能产生这种信息素，作为防御、攻击之用，从而达到保护目的。

4. 社会性信息素 社会性信息素是由社会性蜘蛛产生的，作为蜘蛛集群的信号，并通过集群达到保护、生存和交配的目的。

有关蜘蛛信息素的特性，知之甚少。蜘蛛信息素与其它节肢动物，特别是与昆虫信息素相比，有下列2种特性：

(1)蜘蛛信息素是一种挥发性化学物质，除了能随气流传播外，蛛丝是蜘蛛信息素传递的一种独特载体。

(2)性信息素一般是由雌蛛释放来引诱或激动雄蛛，但有时，也可由雄蛛释放信息素来引诱或激动雌蛛。Engelhardt(1964)认为 *Trochosa* 的雌蛛是通过一种嗅觉信息素来识别同种雄蛛的。进一步的研究揭示，某些雌蛛的捕食行为可以被一种雄性信息素所抑制。

(3)不同蜘蛛的信息素均呈溶解状态，并且普通无机和有机溶剂能使其很快失活。因此，至今还没有很好的分离提纯蜘蛛信息素方法及信息素结构分析报道。

二、信息素分泌腺及化学感受器

分泌信息素的腺体简称“分泌腺”(Secretory gland)。在蜘蛛类中，不论雌蛛或雄蛛都能分泌信息素，但以前者为主；而分泌的腺体随种类而异。蜘蛛分泌信息素的腺体主要有以下2种：

1. 表皮腺 (Cutival wax gland) 可能具有产生信息素的功能。

2. 丝腺 (Silk gland) 能分泌生产性信息素，主要是触觉性信息素。加注在蛛丝上，例如拖丝上。

蜘蛛具有非常发达的触化感觉，并在求偶状态下利用信息素。有证据表明，好几科的蜘蛛也利用气载信息素。根据蜘蛛接受利用信息素的不同，蜘蛛化学感受器主要分为二类：

(1)触化感受器 (Contact chemoreceptor) 是接受信息素的主要器官 (Blumenthal 1935, Dumpli 1978, Foelix 1973)这种触化感受器是位于蜘蛛步足末端的跗节器 (tarsal organ)，又称味觉毛(taste hairs)。粗看，这些感觉毛类似于普通的触觉毛，但它们与普通触觉毛相比有3方面不同：①它们与步足表面成极大的角度(约70°)；②毛柄呈S形；③毛末端在外面开口。每一味觉毛通常受21个感觉细胞支配；2个具有胞体的神经末梢(机械感受器)终止于毛基，而其余19个(化学感觉的)树突横穿过毛基杆达到近毛端部的开口。

1个成蛛(如园蛛)可能具有1,000多个化学感觉毛,大部分集中在第I对步足的跗节上。近来,这些感受器的化学灵敏性已应用电生理学方法得到直接证明(Drewes & Bernan 1976)

(2)远距离化学感受器(Distance chemoreceptor)和雄蛛触肢器(palpal organ)可能是起感受气载信息素作用的远距离化学感受器。例如园蛛雄蛛借助化学信号气迹对位于距离其1m开外的圆网上的雌蛛定位(Blank, 1973, 1975)。在跳蛛中,远距离化学感受器只是一种在交配行为中起辅助作用的感受器,而视觉是主要的感受器(Crane, 1949)。至于狼蛛Lycosidae,许多研究者认为不同种类都采用嗅觉定位来确定远距离雌蛛的位置,但都没有提供实验证据。

三、化学通讯的个体发育

大多数动物的幼体对成体所生产的性信息素没有反应。在某些昆虫中,这种现象可能与幼体相对于成体化学感受器的数量或不同形态类型有关(Kaissling 1971, Shorey 1976)。同样Tietjen和Rovner(1980)证实狼蛛*Lycosa rabida*其亚成蛛与雄成蛛在化学感受器的分布和数量相比存在差异。

在对大多数节肢动物的研究中,发现幼体不生产性信息素(Shorey 1976)。然而, Crane(1949)发现雌跳蛛的亚成蛛后期就开始生产性信息素。其它研究揭示不同种类的雌蛛在成熟前的亚成蛛期也能产生性信息素(Bristowe 1958, Jackson 1977)。

在结网的蜘蛛中,例如*Araneus diadematus*(Meyer, 1928)和*Cyrtophora citricola*(Blanke, 1972)仅雌成蛛释放一些诱雄物质在网上,后者的雌蛛直到最后一次蜕皮后1至2周才不再释放信息素。至于狼蛛,例如*Lycosa rabida*在最后一次蜕皮后2周才开始释放性信息素(Rovner, 1968)。

什么时期蜘蛛暂停释放性信息素呢?研究表明雌狼蛛在建造卵囊和携带卵囊时不再释放拖丝(Vlijm et al., 1970),说明具有活性的信息素在此期间暂时停止释放。园蛛*Cyrtophora cicatrosa*一旦交配就不再释放气载信息素,这种蜘蛛大约在它们最后一次蜕皮后3~4d就停止分泌信息素。但随后,即最后一次蜕皮的10~20d后,信息素释放的水平又继续增加。

与成蛛年龄无关的环境或生理条件可能影响雌狼蛛信息素释放的日产量水平。在一系列的实验中,Tietjen发现先前生产过吸引雄蛛的拖丝的2头狼蛛,*Lycosa punctulata*雌蛛最后停止生产信息素。在每种情况下,5头雄蛛对上述雌蛛丝无反应,不行交配,但对其它雌蛛蛛丝有反应,行交配。3d之内,2头雌蛛的信息素产量又恢复到原来的水平,又能引起雄蛛的求偶行为。研究还发现,对于产雄性信息素来说,在高信息素日产量和低信息素日产量之间存在100种层次的差异。随着蜘蛛年龄的增长,最高释放水平处于0700~1300h之间,并且在连续光照条件下表现出一种原节律性,因此,研究者认为信息素的释放是受光周期控制的(Gueldner & Wiygul 1978)。研究某些因素对信息素分泌水平随时间变异的影响是值得研究的课题。

四、化学通讯的行为生态学

节肢动物常常表现出各种行为适合于信息素的释放,而信息素的释放与栖息地的物理特性或其它环境因素有关。例如雄蛾,爬到高处的栖木上释放信息素;在极低的风速下,雄蛾振动其翅来扩散释放的信息素;一旦超过这个风速,信息素的释放就停止(Shorey 1964,

1976)。

在蜘蛛中，很少研究者试图解释在化学通讯中动物行为的生态学意义。Hegdekar & Dondale(1969)指出不同种狼蛛的触觉性信息素在实验室里其活性至少能保持4星期之久，他们认为雨水或露水可能会使雌蛛拖丝上的信息素失活，从而阻止了信息素在自然条件下的积累(Dondale and Hegdekar 1973; Tietjen, 1977)。

在有关狼蛛化学通讯的研究中，Tietjen(1977, 1979)设想微环境选择可能影响被观察的狼蛛2个属蜘蛛的化学通讯方式：2种栖息于森林落叶层的狼蛛 *Schizicosa saltatrix* S. occidentalis, 对信息素气迹只有微弱反应，但并不表现跟随行为(trail-following behavior)。既然湿度很快能使蛛丝上的信息素失活(Dondale & Hegdekar 1973, Hegdekar & Dondale 1969)那么可以设想在这种潮湿的落叶层栖境中，象这类蜘蛛是不可能存在触觉化学通讯的。

生活在较干燥的田间草本层的2种蜘蛛，*L. rabida* L. *punctulata* 表现出跟踪行为，但对远距离化学信息源不能进行嗅觉定位，因为对这些种类来说，来自于露水或雨水的湿气是使先前分泌在蛛丝上的信息素失活的重要因素。这就增加了系统的有效性，因为雄蛛不会跟随“旧”的蛛丝。很显然，由于“跟随”行为的固有精确性，生活在干燥草本层的蜘蛛无需利用嗅觉定位。

Tietjen 还认为在跟随行为中2种狼蛛依赖于化学通讯还是机械性通讯取决于它们对植物层次的选择差异。*L. punctulata* 生活在草本层的较下层。与上层相比，下层蜘蛛种类丰富，种群数量较大。草本层下层蜘蛛的种类多样性和丰富度显然增加了不同种蜘蛛蛛丝的密度，从而使精确的跟随行为在同种内显得更为重要。因此，研究者们认为草本层下层与上层相比，其较大的落叶密度在沿拖丝的方向形成了较大量触点。这样，在草本层下层很大程度上依赖于化学通讯而不是机械通讯就增加了跟随行为的精确性。

相反，*L. rabida* 生活在草本层较上层。其异种蛛丝密度较低，触点数量也少。因此，与 *L. punctulata* 相比，在跟随行为中，这种蜘蛛触觉化学通讯并不重要(Tietjen & Rovner 1982)。

五、种间化学通讯

大多数信息素具有种的特异性，这种特性能引起同域种群(sympatric population)的生殖隔离(Mayr 1974, Shorey 1976)。然而，有关种间化学通讯的例子在几种节肢动物中已有报道。例如，在社会性昆虫中，存在于许多热带蚂蚁和白蚁中的种间 trail-sharing (Eberhard, 1977)，这种关系涉及范围很广，从寄生关系到共栖关系。

Tretzel(1959)的实验证实不同种蜘蛛可能通过化学信号，“辨别”与其具有相同习性的 *Coelotes terrestris* 的网。异种蜘蛛在接触 *Coelotes* 的蛛丝后表现出慢走行为，并且一般不会被 *Coelotes* 捕食。相反，具有明显不同习性的蜘蛛在误入 *Coelotes* 网时，就会被捕食。

种间化学通讯最显著的例子存在于各种不同的非结网型蜘蛛中，例如 *Celaenia excavata* 投绳蛛 *Mastophora* spp. 这2种蜘蛛都释放模拟某种蛾的性引诱信息素的化合物。这个论点有两种类型的证据支持：(1)只有雄蛾被蜘蛛捕食(McKeown, 1952; Eberhard, 1977)；(2)当猎物定位雌蛾时，是采取一种类似于“跟随”的行为顺风而靠近的(研究者认为在猎物捕食过程中，投绳蛛和用化学欺诈获得的能量类似于一头大小相同的结网蜘蛛的

能量。很可能，象这种采取化学模拟捕食猎物甚至发生在结网园蛛中，因为在金蛛(*Argiope*)和园蛛(*Araneus*)网的附近雄天蚕蛾(*Hemileuca lucina*)表现出类似的行为(Horton, 1979)。

六、展望、结论

信息素是一个日益受到重视的新领域，因这项研究既有重要理论意义：促进化学生态学和行为生态学的发展，又有重要实践意义：为有害昆虫的防治提供理论依据(郑重，1989)。为了开创我国蜘蛛化学通讯研究的新领域，作者提出以下一些课题，供参考。

(一)蜘蛛各主要类群信息素生产的部位及释放机理；化学感受器的类型、分布及感受信息素机理和化学通讯方式。

(二)大力加强化学研究。目前应把重点放在信息素的结构分析及功能研究上，相应开展信息素生理、生态研究。

(三)探讨下列理论问题。

1. 化学通讯在蜘蛛行为生态上的意义。
2. 信息素腺和神经系统的关系，前者分泌是否受神经的控制？
3. 信息素产量和内、外界因子的关系。
4. 信息理论在蜘蛛化学通讯中的应用；跟随行为—嗅觉通讯的信息分析。
5. 蜘蛛与其它节肢动物或其它动物及蜘蛛各类群间化学通讯的比较研究，从而研究蜘蛛化学通讯在动物进化上的意义。

蜘蛛化学通讯研究在国内迄今还是空白，以上列举的课题，仅是今后化学通讯研究的一部分，需要在研究中进一步发掘。

参 考 文 献

- [1] 郑重。1989. 节肢动物的信息素研究。生态学杂志, 8(4):35—39。
- [2] Blanke, R. 1972. Untersuchungen zur Okophysiologie und Okethiologie von *Cyrtophora citricola* Forskal (Araneae, Araneidae) in Andalusien. *Forma et Functio.* 5: 125—206.
- [3] Blanke, R. 1973. Nachweis von Pheromonen bei Netzspinnen Naturwissenschaften. 60: 481.
- [4] Blanke, R. 1975. Das Sexualverhalten der Gattung *Cyrtophora* als Hilfsmittel für phylogenetische Aussagen. *Proc. 6th Int. Arachn. Congr.* 116—119.
- [5] Blumenthal, H. 1935. Untersuchungen über das "Tarsalorgan" der Spinnen. *Z. Morph. Okol. Tiere.* 29: 667—719.
- [6] Bristowe, W. S. 1958. *The World of Spiders*. Collins.
- [7] Bristowe, W. S. and G. H. Locket. 1926. The courtship of British Lycosid spiders and its probable significance. *Proc. Zool. Soc. London.* 1926: 317—347.
- [8] Crane, J. 1949. Comparative biology of salticid spiders at Ranch Grande, Venezuela, Part III. Systematics and behavior in representative species. *Zoologica* 34: 31—52.
- [9] Dondale, C. D. and B. M. Hegdekar. 1973. The contact sex pheromone of *Pardosa lapidicina* Emerton. *Can. J. Zool.* 51: 400—401.
- [10] Drews, C. D. and R. A. Bernard. 1978. Electrophysiological responses of chemosensitive sensilla in wolf spider. *J. exp. Zool.* 198: 423—428.
- [11] Dumper, K. 1978. Spider odor receptor: electrophysiological proof. *Experientia* 34: 754—755.
- [12] Edwards, G. B. et al. 1974. *Stoidis aurata* (Araneae: Salticidae) a spider predator of ants. *Florida Entomol.* 57: 337—345.
- [13] Engelhardt, W. 1964. Die mitteleuropäischen Arten der Gattung *Trochosa* C. L. Koch, 1848 (Araneae: Lycosidae). *Z. Morph. Okol. Tiere* 54: 219—392.
- [14] Foelix, R. F. and I. *W. Chu-Wang. 1973. Morphology of spider sensilla. II. Chemoreceptors. *Tissue and Cell.* 5: 451—460.

[15] Gueldner, R. L. and G. L. Wiygul. 1978. Rhythms in pheomone production of the male boll weevil. *Science*, **199**: 984—986.

[16] Hegdekar, B. M. and C. D. Dondale 1969 A contact sex pheromone and some response parameters in lycosid spiders. *Can. J. Zool.* **47**: 1—4.

[17] Horton, C. C. 1979. Apparent attraction of moths by the webs of araneid spiders. *J. Arachnol.*, **7**: 88.

[18] Jackson, R. R. 1977. Courtship versitility in jumping spider, *Phidippus johnsoni* (Araneae: Salticidae). *Anim. Behav.*, **25**: 953—957.

[19] Jackson, R. R. 1978. Male mating strategies of dictynid spider with differing types of social organization. *Symp. zool. Soc. London*. **42**: 79—88.

[20] Kaissling, K. E. 1971. Insect olfaction. In *Handbook of Sensory Physiology*, Vol. IV. Chemical Senses, Part I, Olfaction. Springer-Verlag.

[21] Kaston, B. J. 1936. The senses involved in the courtship of some vagabond spiders. *Ent. Amer.*, **4**: 49—58.

[22] Mayr, E. 1974. Population, Species, and Evolution. Harvard University Press.

[23] McKeown, K. C. 1952. Australian Spiders, 2nd ed. Angus and Robert.

[24] Meyer, E. 1928. Neue sinnesbiologische Beobachtungen an Spinnen. *Z. Morph. Okol. Tiere*, **12**: 1—69.

[25] Platnick, N. 1971. The evolution of courtship behaviour in spiders. *Bull. Brit. Arachn. Soc.*, **2**: 40—47.

[26] Rovner, J. S. 1968. An analysis of display in the lycosid spider *Lycosa rabida* Walckenaer. *Anim. Behav.*, **16**: 358—369.

[27] Shorey, H. 1964. Sex pheromones of noctuid moths. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, **57**: 371—377.

[28] Shorey, H. H. 1976. Animal Communication by Pheromones. Academic Press.

[29] Tietjen, W. J. and J. S. Rovner. 1980. Physio-chemical trailfollowing behavior in two species of wolf spiders: sensory and etho-ecological concomitants. *Anim. Behav.*, **28**: 735—741.

[30] Tretzel, E. 1959. Zum begegnungsverhalten von Spinnen. *Zool. Anz.*, **163**: 194—205.

[31] Uetz, G. W. 1985. Spider Communication and its Ecological Significance. *Endeavour New Series*, **7**: 13—18.

[31] Vlijm, I. et al. 1970. Locomotory activity and sexual display in *Pardosa amentata* (Lycosidae: Araneae). *Neth. J. Zool.*, **20**: 475—484.

[32] Wilson, E. O. 1968. Chemical systems. In Animal Communication, *T. A. Sebeok*(ed.), Indiana University Press.

[33] Wilson, E. O. 1971. The Insect Societies. Harvard University Press.

[34] Witt, P. N. and J. S. Rovner, 1982. Spider Communication: Mechanisms and Ecological Significance. Princeton University Press.

RESEARCH ON CHEMICAL COMMUNICATION OF SPIDERS

Li Daiqin

(Department of Biology, Hubei University)

A review is given of the present and future of researches on chemical communication of spiders. Seven results about chemical communication of spiders are obtained.

(1) The pheromones occurred in spiders include sex pheromone, trail-marking pheromone, alarming pheromone and social pheromone, but up to date primer pheromone is not found in spiders. (2) the cutival wax gland and silk gland probably produce pheromones, but molting hormone, ecdysterone, don't contain sex pheromone. (3) Contact chemoreceptor and distance chemoreceptor are two main types of chemoreceptors. (4) Silk of spiders serves as a special channel for chemical messages. (5) Among nonsocial spiders, sex pheromones are associated with courtship behavior, but among social spiders, sex pheromones may be relatively unimportant. (6) Environmental

or physiological conditions, for example, moisture, photoperiod, age, reproduction and hormone level, may affect the modes of chemical communication and the daily levels of pheromones. (7) The pheromones of various spiders are soluble in common inorganic and organic solvents, and quickly inactivated.

In the final, the auther puts forward some develop fields and applied prospects on chemical communication of spiders in future.

Key words Spider Chemical Communication Pheromone



S0015483

收到期	93.7.14
来源	赠送
书价	6.00
单据号	
开票日期	

26119	58.18		
	144		
《化学元素学 (1)			
1993			
借者单位	借者姓名	借出日期	还书日期
		2005年6月10日	
58.18			
144			
注 意			
<p>1 借书到期请即送还。 2 请勿在书上批改圈点， 折角。 3 借去图书如有污损遗失 等情形须照章赔偿。</p>			
26119			
京卡 0701			

作者: 陳遠

1993.5.

ISBN 7-5439-0193-5/O·79

定 价：6.00 元